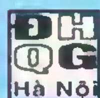
NGUYỄN THANH HẢI

KIẾN THỨC CƠ BẢN

VẬT LÍ

10





NHÀ XUẤT BẢN
ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

NGUYỄN THANH HẢI

KIẾN THỨC CƠ BẢN

VẬT LÍ

10

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

LỜI NÓI ĐẦU

Nhằm giúp học sinh nắm vững các kiến thức trọng tâm, biết cách vận dụng kiến thức đã học để trả lời các câu hỏi vận dụng bài tập cơ bản và các bài tập tổng hợp Vật lí lớp 10 theo chương trình mới, chúng tôi biên soạn : "KIẾN THỨC CƠ BẢN VẬT LÍ 10".

Nội dung cuốn sách bám sát chương trình Vật lí lớp 10 nâng cao hiện hành, mỗi bài đều được trình bày theo một cấu trúc chung:

** KIẾN THỨC CƠ BẢN : Giúp học sinh ôn và nắm vững những kiến thức quan trọng của bài học.*

** CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG: Gồm hệ thống các câu hỏi và bài tập mang tính tổng hợp và vận dụng kiến thức vào thực tế, giúp học sinh biết áp dụng kiến thức bài học trong việc giải thích các hiện tượng một cách hợp lí, đồng thời giúp các em tiếp cận những dạng bài tập cơ bản theo chương trình mới hiện hành.*

** HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ: Giúp học sinh sau khi tự trả lời và làm các bài tập vận dụng, có thể so sánh và tham khảo cách trả lời để rút ra những kinh nghiệm cần thiết. Để việc sử dụng sách có hiệu quả, các em nên tự lực trả lời và giải các bài tập trước khi tham khảo lời giải.*

Chúng tôi hi vọng "KIẾN THỨC CƠ BẢN VẬT LÍ 10" sẽ là tài liệu thiết thực và bổ ích giúp các em có thể học tốt chương trình Vật lí lớp 10.

Chúng tôi rất cảm ơn những ý kiến đóng góp xây dựng của bạn đọc, để lần tái bản tới tập sách sẽ hoàn hảo hơn.

TÁC GIẢ

Chương 1. ĐỘNG HỌC CHẤT ĐIỂM

§1. CHUYỂN ĐỘNG CƠ

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Chuyển động cơ học

Chuyển động cơ học là sự dời chỗ của vật thể, nghĩa là khoảng cách giữa vật và các vật đứng yên thay đổi theo thời gian.

Mọi chuyển động cơ học đều có tính tương đối.

2. Chất điểm

Nếu vật có kích thước rất nhỏ so với chiều dài của quãng đường đi được hay rất nhỏ so với phạm vi chuyển động thì vật đó được coi là chất điểm. Khi chuyển động chất điểm vạch một đường trong không gian gọi là quĩ đạo và vật được coi như một điểm nằm ở trọng tâm của nó trên quỹ đạo.

3. Xác định vị trí của một chất điểm

Để xác định vị trí của chất điểm, nguyên tắc chung là chọn một vật làm mốc và gắn trên vật mốc đó một hệ toạ độ (gọi là hệ quy chiếu).

4. Xác định thời gian

Để đo, đếm thời gian trong chuyển động, người ta phải chọn một gốc thời gian và dùng đồng hồ để đo thời gian.

Gốc thời gian là thời điểm chọn trước để bắt đầu tính thời gian. Gốc thời gian có thể chọn tùy ý, nhưng để đơn giản người ta thường chọn gốc thời gian là lúc bắt đầu khảo sát một hiện tượng. Trong hệ SI, đơn vị đo thời gian là giây (s).

5. Hệ quy chiếu

Một vật mốc gắn với một hệ toạ độ và một gốc thời gian cùng với một đồng hồ hợp thành một hệ quy chiếu.

6. Chuyển động tịnh tiến

Chuyển động của một vật là tịnh tiến khi đoạn thẳng nối hai điểm bất kì của vật luôn song song với chính nó.

Khi khảo sát chuyển động tịnh tiến của một vật, ta chỉ cần khảo sát chuyển động của một điểm nào đó trên vật là đủ.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Bán kính của Trái Đất là $R_{TĐ}$ = 6400km, bán kính quỹ đạo của Trái Đất trong chuyển động quanh Mặt Trời là $R_{QĐ}$ = 150000000km.

a) Xét Trái Đất tự quay quanh trục của nó, khi đó có thể coi Trái Đất là chất điểm không?

a) Có thể coi Trái Đất là chất điểm trong chuyển động trên quỹ đạo quanh Mặt Trời được không?

2. Một viên đạn được bắn ra từ một khẩu súng trường, nó chuyển động theo hai giai đoạn: Chuyển động trong nòng súng và sau đó bay tới mục tiêu ở xa. Hỏi giai đoạn nào viên đạn được coi là chất điểm? Giai đoạn nào viên đạn không được coi là chất điểm?

3. Phân biệt hệ tọa độ và hệ quy chiếu.

4. Nêu cách xác định vị trí của:

   a) Một ôtô trên đường quốc lộ.

   b) Một vật trên một mặt phẳng

5. Hai người cùng ngồi trên một xe ôtô sử dụng hai loại đồng hồ khác nhau. Khi xe bắt đầu khởi hành, người thứ nhất nhìn đồng hồ đeo tay thấy số chỉ của đồng hồ là 7giờ, người thứ hai bấm đồng hồ bấm giây để đồng hồ chỉ 0giờ. Hỏi:

   a) Trong khi xe đang chuyển động, số chỉ của mỗi đồng hồ cho biết điều gì?

   b) Khoảng thời gian chuyển động của xe đối với hai đồng hồ nói trên có giống nhau không? Từ đó có thể rút ra kết luận gì?

6. Một ôtô khởi hành từ A lúc 8 giờ. Nó đến B sau 1 giờ chuyển động và sau 2 giờ nữa nó đến C.

   Xác định những thời điểm mà xe ở A, B và C trong những điều kiện sau :

   a) Chọn gốc thời gian là lúc 0h.

   b) Chọn gốc thời gian là lúc 8h.

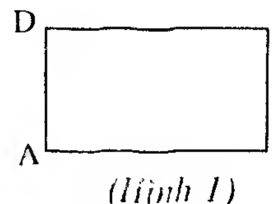
7. Hãy cho biết các tọa độ điểm chính giữa M của một bức tường hình chữ nhật ABCD (hình 1):

   Cạnh AB = 6m; AD = 4m. Xét các trường hợp sau:

   a) Lấy trục Ox dọc theo AB, trục Oy dọc theo AD.

   b) Lấy trục Ox dọc theo DC, trục Oy dọc theo AD.

   Có nhận xét gì về kết quả tìm được?



(Hình 1)

8. Có thể nói: Đối với người đi xe đạp, bàn đạp chuyển động tịnh tiến được không? Hãy giải thích?

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. a) Khi Trái Đất tự quay quanh trục của nó, không thể coi Trái Đất là chất điểm được vì trong chuyển động này không thể bỏ qua kích thước của Trái Đất.

   b) *Nhận xét:* $\frac{R_{TD}}{R_{QD}} = \frac{6400}{1500000000} = 4{,}3.10^{-5} << 1$. Vì $R_{TD} << R_{QD}$ nên có thể coi Trái Đất là chất điểm trong chuyển động quanh Mặt Trời.

2. Giai đoạn viên đạn rời nòng súng và bay tới mục tiêu, nó được coi là chất điểm. Giai đoạn chuyển động trong nòng súng, viên đạn không được coi là chất điểm.

3. Hệ quy chiếu bao gồm hệ tọa độ và đồng hồ đo thời gian.

– Với hệ tọa độ, ta chỉ xác định được vị trí của vật.

– Với hệ quy chiếu, không những ta xác định được vị trí của vật mà còn xác định được cả thời gian diễn biến của hiện tượng.

4. a) Chọn trục toạ độ trùng ngay với đường quốc lộ, chiều dương là chiều chuyển động, gốc toạ độ trùng với một cột cây số nào đó thích hợp nhất. Chẳng hạn, xe ôtô đang chuyển động trên đoạn đường từ Quảng Ngãi đi Đà Nẵng, gốc toạ độ có thể chọn là một cột cây số nào đó tại Quảng Ngãi, khi đó vị trí của ôtô trên quốc lộ chính là khoảng cách từ ôtô đến cột cây số đã chọn.

b) Trong mặt phẳng quỹ đạo, chọn hệ trục toạ độ Đêcác xOy vuông góc. Khi chất điểm ở M, vị trí của chất điểm xác định bởi các toạ độ: x_M và y_M.

5. a) Số chỉ của đồng hồ đeo tay cho biết thời điểm lúc xem đồng hồ (so với gốc thời gian là lúc 0giờ). Số chỉ của đồng hồ bấm giây cho biết khoảng thời gian kể từ lúc bấm đồng hồ (tức lúc xe bắt đầu khởi hành) đến lúc đang xem đồng hồ.

b) Khoảng thời gian chuyển động của xe đối với hai đồng hồ nói trên là giống nhau. Có thể rút ra một kết luận tổng quát sau: Thời điểm thì phụ thuộc vào cách chọn mốc thời gian, còn khoảng thời gian thì không phụ thuộc vào cách chọn mốc thời gian.

6. a) Chọn gốc thời gian là lúc 0h : $t_A = 8h$; $t_B = 9h$; $t_C = 11h$.

b) Chọn gốc thời gian là lúc 8h : $t_A = 0h$; $t_B = 1h$; $t_C = 3h$.

7. a) Lấy trục Ox dọc theo AB, trục Oy dọc theo AD như hình 2.

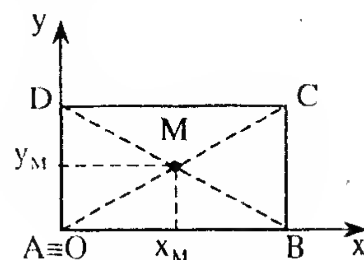
Tọa độ của điểm M là:

$$x_M = \frac{x_B}{2} = \frac{6}{2} = 3m \; ; \quad y_M = \frac{y_D}{2} = \frac{4}{2} = 2m$$

b) Lấy trục Ox dọc theo DC, trục Oy dọc theo AD.

Tọa độ của điểm M là:

$$x_M = \frac{x_C}{2} = \frac{6}{2} = 3m \; ; \; y_M = \frac{y_A}{2} = -\frac{4}{2} = -2m$$



(Hình 2)

Với các hệ tọa độ khác nhau, tọa độ của một điểm có thể khác nhau.

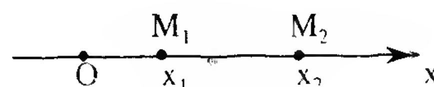
8. Chuyển động của bàn đạp là chuyển động tịnh tiến vì khi xe chuyển động, đối với người ngồi trên xe, hai điểm bất kì trên bàn đạp có khoảng cách không đổi và luôn vạch ra những quỹ đạo tròn giống nhau.

§2-3. VẬN TỐC TRONG CHUYỂN ĐỘNG THẲNG. KHẢO SÁT CHUYỂN ĐỘNG THẲNG ĐỀU

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Độ dời

Giả sử tại thời điểm t_1 chất điểm ở vị trí M_1 có tọa độ x_1, tại thời điểm t_2 chất điểm ở vị trí M_2 có tọa độ x_2 (hình 3)



(Hình 3)

Độ dời của chất điểm trong khoảng thời gian $t = t_1 - t_2$ là đoạn thẳng M_1M_2 có giá trị đại số là:

$$x = x_2 - x_1.$$

Nếu $x > 0$ thì chiều chuyển động trùng với chiều dương của trục toạ độ Ox.

Nếu $x < 0$ thì chiều chuyển động ngược với chiều dương.

Nếu trong khoảng thời gian từ t_1 đến t_2 chuyển động chỉ thực hiện theo một chiều thì quãng đường đi được trùng với độ dời.

2. Vận tốc trung bình

Vận tốc trung bình v_{tb} trong khoảng thời gian t_1 đến t_2 được đo bằng thương số của độ dời x và khoảng thời gian $t = t_2 - t_1$ đó: $V_{tb} = \dfrac{\overline{M_1M_2}}{t_2 - t_1} = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$.

3. Vận tốc tức thời

Để đặc trưng chính xác cho độ nhanh chậm của chuyển động, người ta dùng vận tốc tức thời. Vận tốc tức thời tại thời điểm t (giữa t_1 và t_2) tính bởi:

$$v_{tt} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \text{ (khi } \Delta t \text{ rất nhỏ)}$$

Trong hệ SI, đơn vị của vận tốc tức thời là m/s.

Trong đời sống ta thường gọi độ lớn của vận tốc là tốc độ.

4. Chuyển động thẳng đều

a) Định nghĩa

Chuyển động thẳng đều là chuyển động thẳng trong đó chất điểm thực hiện được những độ dời bằng nhau trong những khoảng thời gian bằng nhau bất kì.

b) Phương trình chuyển động thẳng đều

Phương trình: $x = x_o + vt$.

Trong đó x_o là tọa độ ban đầu, v là vận tốc của chuyển động, x là toạ độ của chất điểm ở thời điểm t.

c) Đồ thị vận tốc theo thời gian

Trong chuyển động thẳng đều, đồ thị vận tốc theo thời gian có dạng là đường thẳng song song với trục thời gian.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Căn cứ vào định nghĩa, hãy chứng minh rằng trong chuyển động thẳng đều thì s tỉ lệ thuận với t.

2. Chứng minh rằng trong chuyển động thẳng đều, vận tốc là một đại lượng không đổi cả về hướng lẫn độ lớn.

3. Hãy phân biệt vận tốc và tốc độ.

4. Tại sao không thể nói vận tốc trung bình của một chuyển động thẳng nói chung, mà chỉ có thể nói vận tốc trung bình trên một quãng đường nhất định hay trong một khoảng thời gian nhất định?

5. Một ôtô chuyển động với vận tốc 54km/h và một xe đạp chuyển động với vận tốc 5m/s theo hai đường vuông góc với nhau.

a) Hãy vẽ trên cùng một hình những vectơ vận tốc của hai xe.

b) So sánh quãng đường mà các xe đi được trong cùng một khoảng thời gian.

6. Hai xe chuyển động thẳng đều trên cùng một đường thẳng với các vận tốc không đổi. Nếu đi ngược chiều thì sau 20phút, khoảng cách giữa hai xe giảm 30km. Nếu đi cùng chiều thì sau 20phút, khoảng cách giữa hai xe chỉ giảm 6km. Tính vận tốc của mỗi xe.

7. Trên hình vẽ 4 là đồ thị vận tốc theo thời gian của một vật chuyển động thẳng đều. Tính quãng đường vật đi được từ thời điểm $t_1 = 5s$ đến thời điểm $t_2 = 18s$. Giá trị của quãng đường nói trên được thể hiện như thế nào trên đồ thị.

(Hình 4)

8. Một vật chuyển động trên một đường thẳng, nửa quãng đường đầu chuyển động với vận tốc $v_1 = 6m/s$, nửa quãng đường còn lại với vận tốc $v_2 = 9m/s$. Hãy xác định vận tốc trung bình của vật trên cả quãng đường.

9. Một vật chuyển động với vận tốc 4m/s trên nửa đầu của đoạn đường AB. Trên nửa đoạn đường còn lại, vật chuyển động nửa thời gian đầu với vận tốc 3m/s và nửa thời gian sau với vận tốc 1m/s. Tính vận tốc trung bình của vật trên cả đoạn đường AB.

10. Hai ôtô xuất phát cùng một lúc từ hai địa điểm A và B cách nhau 20km, chuyển động đều cùng chiều từ A đến B. Vận tốc lần lượt là 60km/h và 40km/h.

a) Lập phương trình chuyển động của hai xe trên cùng một trục toạ độ, lấy A làm gốc toạ độ, chiều AB là chiều dương.

b) Tìm vị trí và thời điểm hai xe gặp nhau.

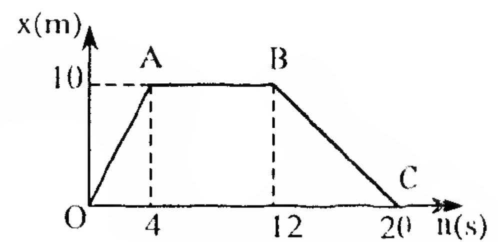
c) Vẽ đồ thị tọa độ – thời gian của hai xe. Căn cứ vào đồ thị, kiểm tra lại kết quả về thời điểm và vị trí lúc hai xe gặp nhau.

11. Trên hình 5 là đồ thị tọa độ – thời gian của một vật chuyển động trên một đường thẳng. Hãy cho biết:

a) Vận tốc của vật trong mỗi giai đoạn.

b) Phương trình chuyển động của vật trong mỗi giai đoạn.

c) Quãng đường vật đi được trong 12 giây đầu tiên.



(Hình 5)

12. Trên hình 6 là đồ thị tọa độ – thời gian của ba vật chuyển động.

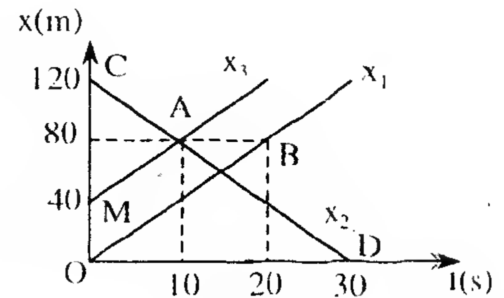
Dựa vào đồ thị hãy:

a) Cho biết các vật nào chuyển động cùng chiều và có vận tốc bằng nhau? Tại sao?

b) Tìm vận tốc của mỗi vật.

c) Lập phương trình chuyển động của mỗi vật.

d) Xác định vị trí và thời điểm các vật 2 và 3 gặp nhau. Kiểm tra lại bằng phép tính.



(Hình 6)

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Giả sử trong những khoảng thời gian t vật đi được quãng đường s.

Trong các khoảng thời gian 2t, 3t, 4t, ... vật sẽ đi được các quãng đường tương ứng là 2s, 3s, 4s, ... Ta có: $\frac{s}{t} = \frac{2s}{2t} = \frac{3s}{3t} = \frac{4s}{4t} = \ldots = K$ = hằng số.

Ta suy được: s = Kt tức là s tỉ lệ thuận với t với hệ số tỉ lệ là K (ở đây K có ý nghĩa là vận tốc của chuyển động).

2. Trong chuyển động thẳng đều, quãng đường tỉ lệ thuận với thời gian. Khi t tăng bao nhiêu lần thì s cũng tăng bấy nhiêu lần, do đó thương số $\frac{s}{t}$ là không đổi, tức độ lớn vận tốc không đổi. Mặt khác do vật chuyển động trên đường thẳng và không đổi hướng nên phương và chiều của vận tốc cũng không đổi. Từ các phân tích trên, có thể kết luận trong chuyển động thẳng đều, vận tốc là một đại lượng không đổi.

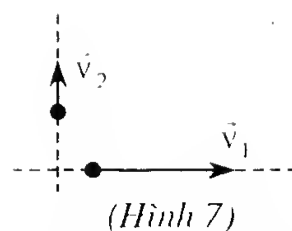
3. Vận tốc là một đại lượng vectơ. Véctơ vận tốc có gốc đặt tại vật chuyển động, phương và chiều là phương và chiều của chuyển động, độ dài biểu diễn độ lớn (số học) của vận tốc theo một tỉ lệ xích nào đó. Trong khi đó, tốc độ được hiểu là độ lớn của vận tốc.

4. Sở dĩ không thể nói vận tốc trung bình của một chuyển động thẳng nói chung, mà chỉ có thể nói vận tốc trung bình trên một quãng đường nhất định hay trong một khoảng thời gian nhất định vì vận tốc trung bình tính trên những quãng đường khác nhau (hay trong những khoảng thời gian khác nhau) là có thể khác nhau.

5. a) Các vectơ vận tốc $\vec{v}_1$ và $\vec{v}_2$ được biểu diễn trên hình 7.

Ta có: $|\vec{v}_1| = 54km/h = 15\ m/s$ và $|\vec{v}_2| = 5m/s$.

b) Vì $v_1 = 3v_2$ nên trong cùng một thời gian, ôtô chuyển động được quãng đường gấp 3 lần xe đạp.



(Hình 7)

6. Chọn chiều dương là chiều chuyển động của mỗi xe. Quãng đường mỗi xe đi được trong thời gian t : $s_1 = v_1t$ và $s_2 = v_2t$.

Khi đi ngược chiều, tổng quãng đường hai xe đi được chính là độ giảm về khoảng cách : $s_1 + s_2 = (v_1 + v_2)t \Rightarrow \dfrac{v_1 + v_2}{3} = 30$ (1)

Khi đi cùng chiều, hiệu quãng đường hai xe đi được chính là độ giảm về khoảng cách: $s_2 - s_1 = (v_2 - v_1)t \Rightarrow \dfrac{v_2 - v_1}{3} = 6$ (2)

Giải (1) và (2) ta được: $v_1 = 36km/h$ và $v_2 = 54km/h$.

7. Quãng đường: $s = v(t_2 - t_1) = 10(18 - 5) = 130m$.

Quãng đường nói trên có giá trị bằng diện tích của hình chữ nhật giới hạn bởi đường đồ thị vận tốc, trục Ot và các đường gióng thời gian tại t_1 và t_2.

8. Gọi s là quãng đường chuyển động.

Thời gian đi mỗi nửa quãng đường : $t_1 = \dfrac{s}{2v_1}$ và $t_2 = \dfrac{s}{2v_2}$

Vận tốc trung bình $v_{tb} = \dfrac{s}{t} = \dfrac{s}{\dfrac{s}{2v_1} + \dfrac{s}{2v_2}} = \dfrac{2v_1v_2}{v_1 + v_2} = \dfrac{2.6.9}{6+9} = 7,2m/s$.

9. Thời gian đi nửa đoạn đường đầu : $t_1 = \dfrac{AB}{2v_1}$

Trong nửa quãng đường còn lại, ta có : $\dfrac{AB}{2} = (v_2 + v_3)t$

Thời gian đi nửa đoạn đường sau : $t_2 = 2t = \dfrac{AB}{v_2 + v_3}$.

Vận tốc trung bình trên cả đoạn đường :

$$v_{tb} = \frac{AB}{t_1 + t_2} = \frac{AB}{\dfrac{AB}{2v_1} + \dfrac{AB}{v_2 + v_3}} = \frac{2v_1(v_2 + v_3)}{2v_1 + v_2 + v_3} = \frac{2.4(3+1)}{2.4+3+1} = \frac{8}{3}\ m/s.$$

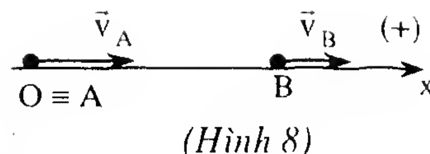
10. a) Chọn trục Ox trùng với đường thẳng AB, Gốc O trùng với A, chiều AB là chiều dương (Hình 8). Chọn gốc thời gian là lúc xuất phát.

* Xe A : $v_A = 60km/h$; $x_{01} = 0$; $t_{01} = 0$.

Phương trình : $x_A = 60t$ (km)

* Xe B : $v_B = 40$km/h ; $x_{02} = 20$km

Phương trình : $x_B = 20 + 40t$ (km)



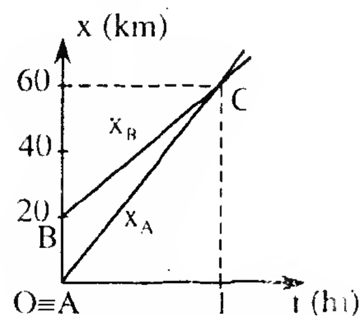
(Hình 8)

b) Khi hai xe gặp nhau : $x_A = x_B$

Hay $60t = 20 + 40t \Rightarrow t = 1h$ và $x_A = x_B = 60km$.

Vậy : Hai xe gặp nhau tại vị trí cách A 60km vào lúc t = 1h.

c) Đồ thị toạ độ – thời gian của hai xe biểu diễn như hình 9. Theo đồ thị thì toạ độ điểm gặp nhau là $x_C = 60km$ và $t_C = 1h$. Kết quả này phù hợp với tính toán.



(Hình 9)

11. a) Giai đoạn 1: $v_1 = \dfrac{x_A - x_o}{t_A - t_o} = \dfrac{10}{4} = 2{,}5m/s.$

Giai đoạn 2: $v_2 = \dfrac{x_B - x_A}{t_B - t_A} = 0$ (vật dừng lại).

Giai đoạn 3: $v_3 = \dfrac{x_C - x_B}{t_C - t_B} = \dfrac{0 - 10}{20 - 12} = -1{,}25m/s.$

b) Phương trình chuyển động trong các giai đoạn:

Giai đoạn 1: $x_1 = 2{,}5t$ (m) ; Điều kiện $0 \le t \le 4$.

Giai đoạn 2: $x_2 = 10$(m) = hằng số ; Điều kiện $4 \le t \le 12$.

Giai đoạn 3: $x_3 = 10 - 1{,}25t$ (m) ; Điều kiện $12 \le t \le 20$.

c) Quãng đường đi được trong 15giây đầu tiên:

$$s = v_1t_1 + v_3t_3 = 2{,}5.4 + 1{,}25.3 = 13{,}75m.$$

12. a) Vật 1 và vật 2 chuyển động cùng chiều và có vận tốc bằng nhau, vì đồ thị của chúng là hai đường thẳng song song nhau.

b) Vận tốc của các vật:

Vật 1: $v_1 = \dfrac{x_B - x_o}{t_B - t_o} = \dfrac{80}{20} = 4m/s.$

Vật 2: $v_2 = \dfrac{x_D - x_C}{t_D - t_C} = \dfrac{0 - 120}{30} = -4m/s.$

Vật 3: $v_3 = \dfrac{x_A - x_M}{t_A - t_M} = \dfrac{80 - 40}{10} = 4m/s.$

c) Phương trình chuyển động của các vật:

Vật 1: $x_1 = 4t$ (m) ; Vật 2: $x_2 = 120 - 4t$ (m) ; Vật 3: $x_3 = 40 + 4t$ (m).

d) Vật 2 và vật 3 gặp nhau tại t = 10s, tọa độ $x_A = 80m$.

Kiểm tra: Khi gặp nhau: $x_2 = x_3 \Leftrightarrow 120 - 4t = 40 + 4t \Rightarrow t = 10s$.

Toạ độ gặp: $x_2 = x_3 = 120 - 4.10 = 80m$.

§4-5. PHƯƠNG TRÌNH CỦA CHUYỂN ĐỘNG THẲNG BIẾN ĐỔI ĐỀU

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Gia tốc trong chuyển động thẳng

a) Gia tốc trung bình

Gia tốc trung bình a_{tb} của một chất điểm được đo bằng thương số của độ biến thiên vận tốc và khoảng thời gian có độ biến thiên ấy.

Công thức: $a_{tb} = \dfrac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$.

Đơn vị của gia tốc là m/s^2.

b) Gia tốc tức thời

Trong công thức: $a_{tb} = \dfrac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$. Nếu chọn Δt rất nhỏ thì cho ta một giá trị gọi là gia tốc tức thời.

Công thức: $a_{tt} = \dfrac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$ khi Δt rất nhỏ.

2. Chuyển động thẳng biến đổi đều

Chuyển động thẳng biến đổi đều là chuyển động thẳng trong đó gia tốc trung bình của mọi khoảng thời gian khác nhau là như nhau. Điều đó có nghĩa là gia tốc tức thời không đổi.

3. Sự biến đổi của vận tốc trong chuyển động thẳng biến đổi đều. Chuyển động nhanh dần đều và chuyển động chậm dần đều.

a) Sự biến đổi của vận tốc theo thời gian

Chọn một chiều dương trên quỹ đạo. Gọi v, v_o lần lượt là vận tốc tại các thời điểm t và t_o, a là gia tốc. Công thức tính vận tốc: $v = v_o + at$

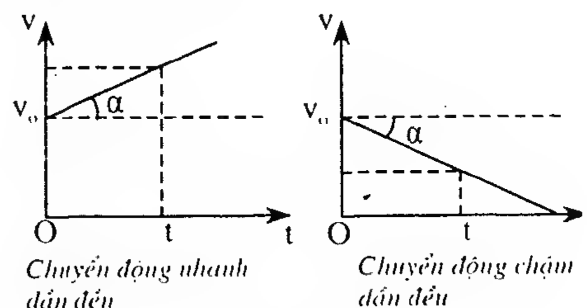
– Nếu a cùng dấu với v thì chuyển động là nhanh dần đều.

– Nếu a trái dấu với v thì chuyển động là chậm dần đều.

b) Đồ thị vận tốc theo thời gian

Đồ thị của vận tốc theo thời gian t là một đường thẳng cắt trục tung tại điểm $v = v_o$. (Hình 10)

Hệ số góc của đường thẳng đó bằng gia tốc: $a = tg\alpha = \dfrac{v - v_o}{t}$.



Chuyển động nhanh dần đều

Chuyển động chậm dần đều

(Hình 10)

4. Phương trình chuyển động thẳng biến đổi đều

a) Phương trình chuyển động

Phương trình: $x = x_o + v_o t + \frac{1}{2}at^2$

Trong đó: x_o và v_o là toạ độ và vận tốc ban đầu, a là gia tốc.

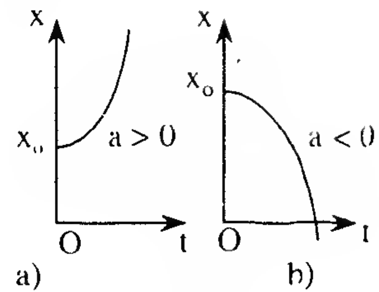
Nếu $x_o = 0$ thì phương trình có dạng đơn giản: $x = v_o t + \frac{1}{2}at^2$.

b) Đồ thị phương trình chuyển động thẳng biến đổi đều

Xét phương trình: $x = x_o + v_o t + \frac{1}{2}at^2$

Nếu chất điểm chuyển động không có vận tốc đầu thì phương trình có dạng: $x = x_o + \frac{1}{2}at^2$.

Đường biểu diễn có phần lõm hướng lên trên nếu a > 0, phần lõm hướng xuống dưới nếu a < 0. (hình 11a, b).



(Hình 11)

c) Cách tính độ dời trong chuyển động thẳng biến đổi đều bằng đồ thị vận tốc theo thời gian

Độ dời trong khoảng thời gian từ t_o đến t bằng diện tích của hình thang giới hạn bởi đồ thị vận tốc, đường gióng thời gian (tại t và t_o) và trục thời gian.

5. Công thức liên hệ giữa độ dời, vận tốc và gia tốc

Kí hiệu $s = x - x_o$ là độ dời từ thời điểm 0 đến thời điểm t, v_o là vận tốc ban đầu tại thời điểm t = 0, v là vận tốc tại thời điểm t, a là gia tốc của chuyển động.

Công thức liên hệ: $v^2 - v_0^2 = 2as$.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Một ôtô đang chuyển động biến đổi. Cứ 10 phút một lần người ta ghi lại số chỉ của đồng hồ đo vận tốc gắn trên xe.

a) Số liệu ghi được cho biết điều gì?

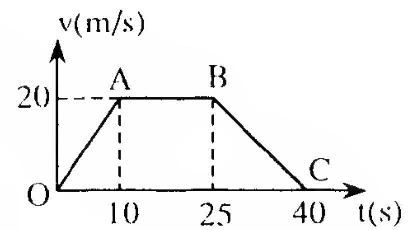
b) Từ số liệu trên, có thể tính được vận tốc trung bình và gia tốc của xe không? Tại sao?

2. Giải thích tại sao khi vận tốc và gia tốc cùng dấu thì chất điểm chuyển động nhanh dần lên, khi ngược dấu thì chất điểm chuyển động chậm dần đi.

3. Một chất điểm chuyển động thẳng biến đổi đều trên quãng đường s, vận tốc đầu và vận tốc cuối quãng đường lần lượt là v_o và v. Một học sinh cho rằng $\frac{v + v_o}{2}$ chính là vận tốc trung bình trên cả quãng đường. Theo em, kết luận như vậy có chính xác không? Có thể áp dụng cách tính này cho một chuyển động biến đổi bất kì không? Tại sao?

4. Trên hình 12 là đồ thị vận tốc – thời gian của một chất điểm chuyển động thẳng theo ba giai đoạn liên tiếp.

Dựa vào đồ thị hãy mô tả chuyển động của chất điểm về các mặt (tính chất chuyển động, hướng chuyển động, thời gian chuyển động và gia tốc) trong mỗi giai đoạn.



(Hình 12)

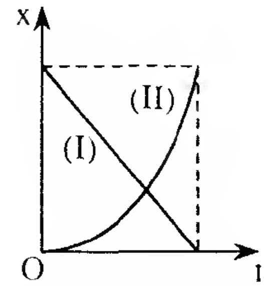
5. Hai vật chuyển động trên cùng đường thẳng có đồ thị toạ độ – thời gian như hình 13. Đồ thị (II) là một nhánh parabol. Hãy cho biết:

a) Tính chất chuyển động của mỗi vật.

b) Các vật có gặp nhau trong quá trình chuyển động không? Điều đó thể hiện trên đồ thị như thế nào?

c) Các vật có xuất phát từ cùng một thời điểm và cùng một vị trí ban đầu không?

d) Vẽ dạng đồ thị vận tốc của hai vật trên cùng một hình vẽ.



(Hình 13)

6. Một đoàn tàu rời ga chuyển động thẳng nhanh dần đều. Sau một phút tàu đạt đến vận tốc 9m/s.

a) Tính gia tốc của đoàn tàu.

b) Nếu tiếp tục tăng tốc như vậy thì sau bao lâu nữa tàu sẽ đạt đến vận tốc 16m/s?

7. Một viên bi lăn từ đỉnh một mặt phẳng nghiêng xuống với gia tốc $0{,}6m/s^2$.

a) Tính vận tốc của bi sau 5 giây kể từ lúc chuyển động.

b) Sau bao lâu từ lúc thả lăn, viên bi đạt vận tốc 9m/s. Tính quãng đường bi đi được từ lúc thả đến khi bi đạt vận tốc 9m/s (nếu mặt nghiêng đủ dài).

8. Một ôtô đang chuyển động thẳng đều với vận tốc 36km/h thì tăng tốc chuyển động nhanh dần đều.

a) Tính gia tốc của xe biết rằng sau khi chạy được quãng đường 1km thì ôtô đạt vận tốc 54km/h.

b) Viết phương trình chuyển động của xe. Chọn chiều dương là chiều chuyển động, gốc tọa độ trùng với vị trí xe bắt đầu tăng tốc, gốc thời gian là lúc tăng tốc.

9. Cùng một lúc, từ hai điểm A và B cách nhau 50m có hai vật chuyển động ngược chiều để gặp nhau. Vật thứ nhất xuất phát từ A chuyển động đều với vận tốc 5m/s, vật thứ hai xuất phát từ B chuyển động nhanh dần đều không

vận tốc đầu với gia tốc $2m/s^2$. Chọn trục Ox trùng với đường thẳng AB, gốc O trùng với A, chiều dương từ A đến B, gốc thời gian là lúc xuất phát.

a) Viết phương trình chuyển động của mỗi vật.

b) Định thời điểm và vị trí lúc hai vật gặp nhau.

c) Xác định thời điểm mà tại đó hai vật có vận tốc bằng nhau.

10. Một vật bắt đầu chuyển động thẳng nhanh dần đều với vận tốc ban đầu 4m/s và gia tốc $2m/s^2$.

a) Vẽ đồ thị vận tốc theo thời gian của vật.

b) Sau bao lâu vật đạt vận tốc 20m/s. Tính quãng đường vật đi được trong khoảng thời gian đó.

b) Viết phương trình chuyển động của vật, từ đó xác định vị trí mà tại đó vận tốc của vật là 12m/s.

11. Một viên bi chuyển động nhanh dần đều không vận tốc đầu trên máng nghiêng và trong giây thứ năm nó đi được quãng đường bằng 0,36m.

a) Tìm gia tốc của viên bi.

b) Xác định quãng đường viên bi đi được sau 5giây kể từ khi nó bắt đầu chuyển động và vận tốc của bi ở cuối quãng đường đó.

12. Một đoàn tàu đang chạy với vận tốc 12m/s thì hãm phanh, chuyển động thẳng chậm dần đều để vào ga. Sau 2,5phút thì tàu dừng lại ở sân ga.

a) Tính gia tốc của đoàn tàu.

b) Tính quãng đường mà tàu đi được trong thời gian hãm.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. a) Số liệu ghi được cho biết tốc độ của xe tại những thời điểm đã ghi.

b) Từ số liệu trên, không thể tính được vận tốc trung bình và gia tốc của xe, vì không biết được chuyển động của xe là biến đổi đều hay không.

2. Từ công thức $a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ta thấy:

* Nếu chọn chiều dương là chiều chuyển động thì v_1 và v_2 dương.

– Khi gia tốc a cùng dấu với v_1 và v_2 (giá trị dương) thì $v_2 > v_1$ tức vật chuyển động nhanh dần lên.

– Khi gia tốc a ngược dấu với v_1 và v_2 (giá trị âm) thì $v_2 < v_1$ tức vật chuyển động chậm dần đi.

* Nếu chọn chiều dương ngược với chiều chuyển động, lập luận tương tự ta cũng có kết quả trên.

3. Kết luận trên là đúng. Ta có thể chứng minh được trong chuyển động biến đổi đều $\frac{v + v_o}{2}$ có giá trị bằng giá trị của vận tốc trung bình trên cả đoạn đường đi (từ lúc có vận tốc v_o đến lúc có vận tốc v). Thực vậy:

Quãng đường $s = v_{tb}t = \frac{v + v_o}{2}t \Leftrightarrow 2s = \frac{v^2 - v_o^2}{v - v_o}t = \frac{v^2 - v_o^2}{a}$

Hay $v^2 - v_o^2 = 2as$, tức ta đã trở lại công thức liên hệ giữa độ dời, vận tốc và gia tốc.

Không thể áp dụng cách tính này cho một chuyển động biến đổi bất kì vì xét về cách tính thì công thức trên chỉ là trung bình cộng của các vận tốc đầu và cuối.

4. Đoạn OA: Chất điểm chuyển động nhanh dần đều theo chiều dương của trục toạ độ, thời gian chuyển động 10s, gia tốc $a_1 = 2m/s^2$.

Đoạn AB: Chất điểm chuyển động thẳng đều theo chiều dương của trục toạ độ, thời gian chuyển động 15s, gia tốc $a_2 = 0$.

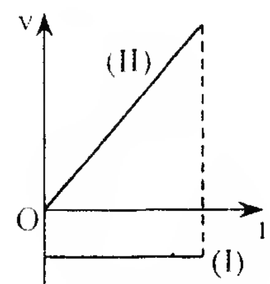
Đoạn BC: Chất điểm chuyển động chậm dần đều theo chiều dương của trục toạ độ, thời gian chuyển động 15s, gia tốc $a_1 = \frac{4}{3} m/s^2$.

5. a) Vật (I) chuyển động đều, vật (II) chuyển động nhanh dần đều.

b) Hai vật gặp nhau trong quá trình chuyển động vì đồ thị của chúng cắt nhau.

c) Hai vật xuất phát từ cùng một thời điểm ($t_o = 0$) nhưng không cùng vị trí ban đầu.

d) Dạng đồ thị vận tốc của hai vật biểu diễn trên hình 14. *Chú ý:* Vật (I) có vận tốc âm.



(Hình 14)

6. a) Gia tốc $a = \frac{v - v_o}{t} = \frac{9}{60} = 0,15m/s^2$.

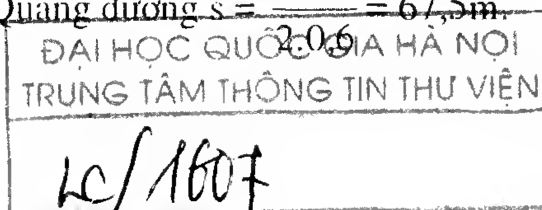
b) Từ $a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{v_2 - v_1}{a} = \frac{16 - 9}{0,15} = 46,67s$.

7. Chọn chiều dương là chiều chuyển động.

a) Vận tốc tại t = 5s: $v_t = at = 0,6.5 = 3m/s$.

b) Thời gian: $t = \frac{v_1}{a} = \frac{9}{0,6} = 15s$.

Từ công thức $v^2 - v_o^2 = 2as \Rightarrow$ Quãng đường $s = \frac{9^2}{2.0,6} = 67,5m$.



8. Ta có 36km/h = 10m/s; 54km/h = 15m/s.

a) Từ công thức $v^2 - v_o^2 = 2as \Rightarrow$ gia tốc của xe: $a = \dfrac{v^2 - v_o^2}{2s}$

Thay số ta được: $a = \dfrac{15^2 - 10^2}{2.1000} = 0{,}0625 m/s^2$.

b) Phương trình chuyển động có dạng: $x = v_o t + \dfrac{1}{2}at^2$.

Thay số ta được: $x = 10t + 0{,}03125t^2$ (m).

9. a) Phương trình chuyển động:

* Vật thứ nhất: $x_1 = 5t$ (m).

* Vật thứ hai: $x_2 = 50 - t^2$ (m).

b) Khi gặp nhau thì $x_1 = x_2 \Leftrightarrow 5t = 50 - t^2$ hay $t^2 + 5t - 50 = 0$ (*)

Giải phương trình (*) ta được: $t_1 = 5s$; $t_2 = -10s$ (loại).

Vị trí gặp: $x_1 = x_2 = 5.5 = 25m$.

Vậy hai vật gặp nhau tại thời điểm t = 5s tại vị trí cách A 25m.

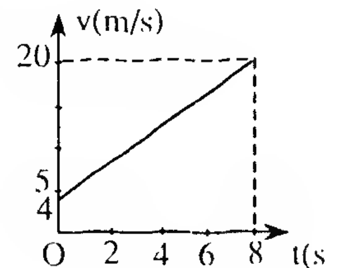
c) Khi hai vật có vận tốc bằng nhau thì $v_1 = v_2 = 5m/s$.

Phương trình vận tốc của vật thứ 2: $v_2 = 2t = 5 \Rightarrow t = 2{,}5s$.

10. Chọn chiều dương là chiều chuyển động, gốc tọa độ trùng với vị trí ban đầ của vật, gốc thời gian là lúc xuất phát.

a) Phương trình vận tốc: v = 4 + 2t (m/s).

Đồ thị vận tốc – thời gian được biểu diễn như hình 15.



(Hình 15)

Khi v = 20m/s thì $t = \dfrac{20 - 4}{2} = 8s$.

Từ công thức $v^2 - v_o^2 = 2as$

$\Rightarrow$ Quãng đường $s = \dfrac{v^2 - v_o^2}{2a} = \dfrac{20^2 - 4^2}{2.2} = 96m$.

b) Phương trình chuyển động: $x = 4t + t^2$ (m).

Khi v = 12m/s thì $t = \dfrac{12 - 4}{2} = 4 \Rightarrow$ tọa độ: $x = 4.4 + 4^2 = 32m$.

11. Chọn chiều dương là chiều chuyển động của bi.

a) Quãng đường đi được trong 4s đầu tiên: $s_4 = \dfrac{a(4)^2}{2} = 8a$.

Quãng đường đi được trong 5s đầu tiên: $s_5 = \dfrac{a(5)^2}{2} = 12{,}5a$.

Quãng đường đi trong giây thứ năm: $\Delta s = s_5 - s_4 = 12,5a - 8a = 4,5a$.

Ta có $\Delta s = 0,36m \Rightarrow$ gia tốc $a = \dfrac{0,36}{4,5} = 0,08m/s^2$.

b) Với $a = 0,08m/s^2$ ta có $s_5 = 12,5a = 12,5.0,08 = 1m$.

Vận tốc ở cuối quãng đường: $v = at = 0,08.5 = 0,4m/s$.

1.2. Chọn chiều dương là chiều chuyển động.

a) Gia tốc: $a = \dfrac{v - v_o}{\Delta t} = \dfrac{0 - 12}{2,5.60} = -0,08m/s^2$

b) Từ $v^2 - v_o^2 = 2as \Rightarrow$ quãng đường mà tầu đi được trong thời gian hãm:

$$s = \frac{v^2 - v_o^2}{2a} = \frac{0 - 12^2}{2.(-0,08)} = 900m.$$

§6-7. SỰ RƠI TỰ DO - BÀI TẬP

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Sự rơi tự do

Sự rơi của các vật khi không chịu sức cản của không khí gọi là sự rơi tự do.

2. Khảo sát chuyển động rơi tự do của một vật nhỏ

Bằng thí nghiệm, người ta rút ra:

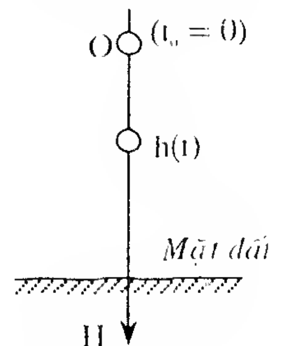
– Phương của chuyển động rơi tự do là phương thẳng đứng, chiều từ trê xuống dưới.

– Chuyển động rơi tự do là chuyển động thẳng nhanh dần đều.

– Ở cùng một nơi trên Trái Đất các vật rơi tự do với cùng một gia tốc (gọi l gia tốc rơi tự do).

– Công thức của chuyển động rơi tự do:

Chọn trục tọa độ OH thẳng đứng, gốc O là vị trí thả vật, chiều dương từ trên xuống dưới như hình 16, gốc thời gian là lúc thả vật, ta có các công thức:



(Hình 16)

+ Vận tốc: $v = gt$.

+ Phương trình toạ độ: $h = \frac{gt^2}{2}$

+ Công thức liên hệ: $v^2 = 2gh$.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Nêu thí nghiệm dùng ống Niutơn để khảo sát sự rơi tự do của các vật.

2. Quan sát một vận động viên nhảy dù. Cái gì đã giúp cho anh ta có thể hạ xuống chậm chạp một cách an toàn?

3. Từ cùng độ cao h, vật thứ nhất được thả rơi không vận tốc đầu, vật thứ ha được ném thẳng đứng xuống dưới với vận tốc v (trong cùng điều kiện bỏ qua sức cản của không khí). Một học sinh quan niệm rằng chỉ có chuyển động của vật thứ nhất mới được coi là vật rơi tự do còn chuyển động của vậ thứ hai vì bị ném xuống nên không phải là rơi tự do. Quan niệm trên có đúng không? Hãy trình bày ý kiến của em về vấn đề này.

4. Hai vật rơi tự do từ cùng trạng thái nghỉ ($v_o = 0$). Vật thứ nhất rơi đến đất trong khoảng thời gian gấp đôi so với vật thứ hai. Một học sinh đưa ra các kết luận sau:

a) Độ cao ban đầu của vật thứ nhất gấp đôi độ cao ban đầu của vật thứ hai.

b) Khi chạm đất, vận tốc của hai vật có giá trị như nhau.

Theo em, các kết luận trên có chính xác không? Tại sao?

5. Một hòn đá rơi từ miệng đến đáy giếng mỏ mất 3s.

Tính độ sâu của giếng mỏ. Lấy $g = 9,8m/s^2$.

6. Một vật nặng rơi từ độ cao 38m xuống đất. Lấy $g = 10m/s^2$.

a) Tính thời gian rơi.

b) Xác định vận tốc của vật khi chạm đất.

7. Một vật rơi tự do trong giây cuối rơi được 15m. Tính thời gian từ lúc bắt đầu rơi đến khi chạm đất và độ cao nơi thả vật. Lấy $g = 10m/s^2$.

8. Thả một vật rơi từ độ cao h so với mặt đất. Bỏ qua sức cản của không khí. Lấy $g = 10m/s^2$.

a) Tính quãng đường mà vật rơi tự do đi được trong giây thứ ba.

b) Biết khi chạm đất, vận tốc của vật là 36m/s. Tìm h.

9. Hai viên bi nhỏ được thả rơi từ cùng một độ cao, bi A thả sau bi B 0,3 giây. Tính khoảng cách giữa hai bi sau 2s kể từ khi bi B rơi.

10. Chứng tỏ rằng trong chuyển động thẳng nhanh dần đều không có vận tốc đầu, quãng đường đi được trong những khoảng thời gian bằng nhau liên tiếp tỉ lệ với các số lẻ liên tiếp 1, 3, 5, ...

11. Chứng minh rằng trong chuyển động thẳng nhanh dần đều, hiệu hai quãng đường đi được liên tiếp ($\Delta s = \Delta s_n - \Delta s_{n-1}$) trong các khoảng thời gian bằng nhau τ là một đại lượng không đổi.

Gia tốc a của chuyển động sẽ được tính theo công thức $a = \dfrac{\Delta s}{\tau^2}$.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Ống Niutơn là một ống bằng thủy tinh hay chất dẻo trong suốt (để ta quan sát được bên trong), một đầu có van để hút hết không khí ra. Bên trong ống có một cái lông chim và một viên sỏi. Dốc ngược ống để chiếc lông chim và viên sỏi rơi xuống cùng một lúc, kết quả cho thấy:

– Khi chưa rút không khí ra, viên sỏi rơi nhanh hơn và chạm đáy ống trước.

– Khi đã rút không khí ra, chiếc lông chim và viên sỏi rơi như nhau và chạm đáy ống cùng một lúc.

2. Khi nhảy dù, nhờ có diện tích dù tương đối lớn nên sức cản của không khí cản trở chuyển động, làm cho người nhảy dù có thể hạ độ cao một cách chậm chạp và an toàn.

3. Quan niệm trên là không đúng. Chuyển động của cả hai vật đều là chuyển động rơi tự do vì chúng thoả mãn điều kiện về sự rơi tự do, đó là: Không có sức cản của không khí và chỉ chịu tác dụng của trọng lực trong quá trình rơi.

4. Cả hai kết luận đều không chính xác.

Gọi h_1, t_1, v_1; h_2, t_2, v_2 lần lượt là độ cao ban đầu, thời gian rơi và vận tốc khi chạm đất của các vật (I) và (II).

Ta có: $h_1 = \dfrac{1}{2}gt_1^2$; $v_1 = gt_1$ và $h_2 = \dfrac{1}{2}gt_2^2$; $v_2 = gt_2$.

Vì $t_1 = 2t_2$ nên $h_1 = 4h_2$ và $v_1 = 2v_2$.

5. Độ sâu của giếng: $h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}.9,8.3^2 = 44,1m$.

6. Chọn chiều dương hướng từ trên xuống.

a) Từ công thức $h = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow$ Thời gian rơi: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2.38}{10}} = 2,75s$.

b) Vận tốc của vật khi chạm đất : $v = gt = 10.2,75 = 27,5m/s$.

7. Chọn chiều dượng hướng xuống. Gọi t là thời gian vật rơi đến đất.

Quãng đường vật rơi trong t và (t – 1)giây đầu tiên :

$$h = \frac{1}{2}gt^2 = 5t^2 \; ; \; h' = \frac{1}{2}g(t-1)^2 = 5(t-1)^2$$

Ta có $h - h' = 15m$ Hay $\Leftrightarrow 5t^2 - 5(t-1)^2 = 15 \Rightarrow t = 2s$.

Độ cao nơi thả vật: $h = 5t^2 = 5.2^2 = 20m$.

8. Chọn chiều dương hướng xuống.

a) Quãng đường vật rơi trong 3s đầu tiên: $h_3 = \frac{1}{2}gt_3^2 = \frac{1}{2}.10.3^2 = 45m$.

Quãng đường vật rơi trong 2s đầu tiên: $h_2 = \frac{1}{2}gt_2^2 = \frac{1}{2}.10.2^2 = 20m$.

Quãng đường vật rơi trong giây thứ ba: $\Delta h = h_3 - h_2 = 25m$.

b) Từ $v = gt \Rightarrow$ Thời gian rơi $t = \frac{v}{g} = \frac{36}{10} = 3,6s$.

Độ cao: $h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}.10.3,6^2 = 64,8m$.

9. Chọn chiều dương hướng xuống, gốc thời gian là lúc thả bi B.

Ta có $h_B = \frac{1}{2}gt^2$; $h_A = \frac{1}{2}g(t-0,3)^2$ Với ĐK: $t > 0,3$.

Với $t = 2s \Rightarrow h_B = \frac{1}{2}.10.2^2 = 20m$ và $h_A = \frac{1}{2}.10(2-0,3)^2 = 14,45m$.

Khoảng cách giữa hai vật: $\Delta h = h_B - h_A = 20 - 14,45 = 5,55m$.

10. Áp dụng công thức tính đường đi: $s = \frac{1}{2}at^2$

$$s_1 = \frac{1}{2}at^2 \; ; \; s_2 = \frac{1}{2}a(2t)^2 = \frac{4}{2}at^2 \; ; \; s_3 = \frac{1}{2}a(3t)^2 = \frac{9}{2}at^2 \ldots.$$

$$s_{n-1} = \frac{1}{2}a[(n-1)t]^2 = \frac{(n-1)^2}{2}at^2 \; ; \; s_n = \frac{1}{2}a(nt)^2 = \frac{n^2}{2}at^2$$

$$\Delta s_1 = s_1 - 0 = \frac{1}{2}at^2 \; ; \; \Delta s_2 = s_2 - s_1 = \frac{3}{2}at^2 \; ; \Delta s_3 = s_3 - s_2 = \frac{5}{2}at^2 \ldots$$

$$\Delta s_n = s_n - s_{n-1} = \frac{1}{2}\left[n^2 - (n-1)^2\right]at^2 = \frac{(2n-1)}{2}at^2$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta s_2}{\Delta s_1} = 3 \; ; \; \frac{\Delta s_3}{\Delta s_1} = 5 \; ; \ldots ; \; \frac{\Delta s_n}{\Delta s_1} = (2n-1)$$

Từ đó suy ra: $\Delta s_1 : \Delta s_2 : \Delta s_3 : \ldots = 1 : 3 : 5 : \ldots$

1. Chọn chiều dương theo chiều chuyển động, gốc thời gian là lúc vật bắt đầu chuyển động. Công thức tính quãng đường $s = \frac{1}{2}at^2$.

Quãng đường đi của vật sau khoảng thời gian τ đầu tiên: $s_1 = \frac{1}{2}a\tau^2$.

Hiệu quãng đường trong khoảng thời gian τ đầu tiên: $\Delta s_1 = s_1 = \frac{1}{2}a\tau^2$.

Quãng đường đi của vật sau khoảng thời gian 2τ đầu tiên: $s_2 = \frac{1}{2}a(2\tau)^2$.

Hiệu quãng đường trong khoảng thời gian τ thứ hai:

$$\Delta s_2 = s_2 - s_1 = \frac{1}{2}a(2\tau)^2 - \frac{1}{2}a\tau^2 = 3\Delta s_1$$

Quãng đường đi của vật sau khoảng thời gian 3τ đầu tiên: $s_3 = \frac{1}{2}a(3\tau)^2$.

Hiệu quãng đường trong khoảng thời gian τ thứ ba:

$$\Delta s_3 = s_3 - s_2 = \frac{1}{2}a(3\tau)^2 - \frac{1}{2}a(2\tau)^2 = 5\Delta s_1$$

Tương tự, hiệu quãng đường trong khoảng thời gian τ thứ n – 1 và thứ n:

$$\Delta s_{n-1} = s_{n-1} - s_{n-2} = \frac{1}{2}a[(n-1)\tau]^2 - \frac{1}{2}a[(n-2)\tau]^2 = (2n-3)\Delta s_1$$

$$\Delta s_{n-1} = s_n - s_{n-1} = \frac{1}{2}a(n\tau)^2 - \frac{1}{2}a[(n-1)\tau]^2 = (2n-1)\Delta s_1$$

Hiệu các độ dời trong những khoảng thời gian ? liên tiếp:

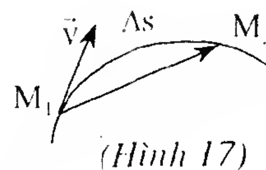
$\Delta s_2 - \Delta s_1 = 2\Delta s_1 = a\tau^2$; $\Delta s_3 - \Delta s_2 = 2\Delta s_1 = a\tau^2$; .... $\Delta s_n - \Delta s_{n-1} = 2\Delta s_1 = a\tau^2$

Hay $\Delta s = a\tau^2 \Rightarrow$ gia tốc $a = \frac{\Delta s}{\tau^2}$.

§8-9. VẬN TỐC DÀI, VẬN TỐC GÓC VÀ GIA TỐC TRONG CHUYỂN ĐỘNG TRÒN ĐỀU

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Vectơ vận tốc trong chuyển động cong



(Hình 17)

Vectơ tơ vận tốc tức thời $\vec{v}$ của chất điểm tại M_1 nằm trên tiếp tuyến tại M_1 hướng theo chiều chuyển động và có độ lớn bằng: $|\vec{v}| = v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$ với Δt rất bé (hình 17).

2. Vectơ vận tốc của chất điểm trong chuyển động tròn đều

Chuyển động là tròn đều khi chất điểm đi được những cung tròn có độ dài bằng nhau trong những khoảng thời gian bằng nhau tùy ý.

Tại một điểm trên đường tròn, véctơ vận tốc có phương trùng với tiếp tuyến với đường tròn tại điểm đang xét và có chiều của chuyển động.

Độ lớn của vận tốc: $v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$ = hằng số. Vận tốc này còn gọi là vận tốc dài.

3. Chu kì và tần số của chuyển động tròn đều

* ***Chu kì T*** của vật chuyển động tròn đều là khoảng thời gian để vật đi được một vòng. Đơn vị chu kì là giây (s).

Công thức: $T = \dfrac{2\pi r}{v}$. Trong đó r là bán kính đường tròn, v là vận tốc dài.

* ***Tần số f*** của chuyển động tròn đều là số vòng mà vật đi được trong một giây. Đơn vị tần số là Hec (Hz): 1Hz = 1vòng/s.

Liên hệ giữa chu kì và tần số: $f = \dfrac{1}{T}$.

4. Vận tốc góc. Liên hệ giữa vận tốc góc và vận tốc dài

Khi chất điểm đi được cung tròn s thì vectơ tia (nối tâm quay với chất điểm) quét được góc φ. Ta có $s = r.\varphi$.

Góc quét φ được tính bằng radian (rad). Thương số giữa góc quét và thời gian t gọi là vận tốc góc: $\omega = \dfrac{\varphi}{t}$. Vận tốc góc ω đo bằng rad/s.

Công thức liên hệ giữa vận tốc dài, vận tốc góc: $v = r\omega$.

5. Liên hệ giữa vận tốc góc với chu kì T hay tần số f

Công thức: $\omega = \dfrac{2\pi}{T} = 2\pi f$.

6. Phương và chiều của vectơ gia tốc

Trong chuyển động tròn đều, vectơ gia tốc $\vec{a}$ vuông góc với vectơ vận tốc $\vec{v}$ và hướng vào tâm vòng tròn. Nó đặc trưng cho sự biến đổi về phương và chiều của vectơ vận tốc.

Gia tốc của chất điểm chuyển động tròn đều có phương vuông góc với tiếp tuyến của quỹ đạo tại vị trí của chất điểm, có chiều hướng vào tâm đường tròn gọi là gia tốc hướng tâm.

7. Độ lớn của vectơ gia tốc

Công thức: $a_{ht} = \dfrac{v^2}{r} = r\omega^2$.

Trong đó v là vận tốc dài ω là vận tốc góc và r là bán kính.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Một vật chuyển động trên một cung tròn với vận tốc có độ lớn không đổi. Hỏi vectơ gia tốc của vật tại các điểm trên quỹ đạo có bằng nhau không? Tại sao?

2. Một học sinh cho rằng, trong chuyển động tròn, gia tốc của chất điểm là gia tốc hướng tâm. Theo em, phát biểu như thế có đúng không? Tại sao?

3. Hãy giải thích tại sao gia tốc hướng tâm lại đặc trưng cho sự biến đổi về phương của vectơ vận tốc?

4. Một tàu thủy neo cố định tại một điểm trên đường xích đạo. Đối với trục quay của Trái Đất thì tàu thủy có chuyển động không? Nếu có, chu kì của nó là bao nhiêu?

5. Một học sinh đứng gần một máy tiện đang hoạt động thấy trục của máy tiện quay rất nhanh. Bạn ấy đã nảy ra một ý nghĩ là xác định tốc độ quay của trục nhưng trong tay chỉ có một chiếc bút lông và một chiếc đồng hồ bấm giây. Liệu chỉ bằng hai dụng cụ trên, có thể xác định được tốc độ quay của trục không? Nếu được, hãy nêu một phương án thực hiện.

6. Một đĩa tròn có bán kính 42cm, quay đều mỗi vòng trong 0,8s.

Tính vận tốc dài, vận tốc góc, gia tốc hướng tâm của một điểm A nằm trên vành đĩa.

7. Một đồng hồ treo tường có kim phút dài 10cm và kim giờ dài 8cm. Cho rằng các kim quay đều. Tính vận tốc dài và vận tốc góc của điểm đầu hai kim.

8. Kim giờ của một đồng hồ dài bằng $\dfrac{3}{4}$ kim phút. Tìm tỉ số giữa vận tốc góc của hai kim và tỉ số giữa vận tốc dài của đầu mút hai kim. Cho rằng các kim của đồng hồ quay đều.

9. Bánh xe đạp có bán kính 0,36m. Xe đạp chuyển động thẳng đều với vận tốc 5m/s. Tính vận tốc dài và vận tốc góc của một điểm trên vành bánh đối với người ngồi trên xe.

0. Vệ tinh nhân tạo của Trái Đất ở độ cao h = 280km bay với vận tốc 7,9km/s. Tính tốc độ góc, chu kì, tần số của nó. Coi chuyển động là tròn đều. Bán kính Trái Đất bằng R = 6400km.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

. Không bằng nhau.

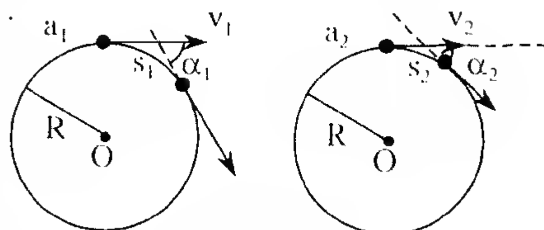
Vì trong chuyển động tròn đều, vectơ gia tốc có độ lớn không đổi nhưng có phương luôn thay đổi theo thời gian.

. Phát biểu như thế là sai. Chỉ khi chất điểm chuyển động tròn đều thì vectơ gia tốc mới hướng vào tâm quỹ đạo và gọi là gia tốc hướng tâm. Nếu chất điểm chuyển động trên đường tròn nhưng độ lớn vận tốc thay đổi thì vectơ gia tốc không hướng vào tâm quỹ đạo.

. Ta biết rằng, trong chuyển động tròn đều, vật nào có độ lớn của gia tốc hướng tâm càng lớn thì hướng của véctơ gia tốc biến đổi càng nhanh.

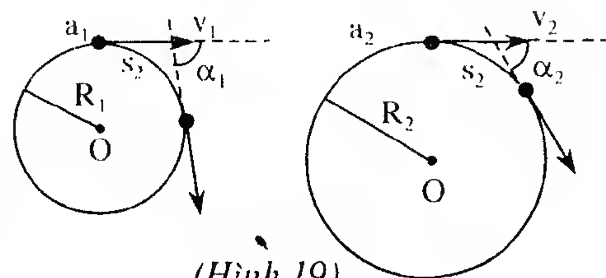
Các phân tích sau đây cho ta thấy một cách trực quan đặc điểm này:

Giả sử có hai vật chuyển động tròn đều với các gia tốc hướng tâm a_1 và a_2 với $a_1 > a_2$. Ta có: $a_1 = \frac{v_1^2}{R_1}$ và $a_2 = \frac{v_2^2}{R_2}$.



(Hình 18)

* Xét trường hợp 1: $R_1 = R_2$ và $v_1 > v_2$.
Sau thời gian t, các vật đi được những quãng đường s_1 và s_2, ta có $s_1 > s_2$.
Trên hình 18 có thể thấy ngay rằng góc lệch về phương của các véctơ vận tốc $\alpha_1 > \alpha_2$.



(Hình 19)

* Xét trường hợp 2: $R_1 < R_2$ và $v_1 = v_2$
Sau thời gian t, các vật đi được những quãng đường s_1 và s_2, ta có $s_1 = s_2$. Trên hình 19 có thể thấy ngay rằng góc lệch về phương của các véctơ vận tốc $\alpha_1 > \alpha_2$.

. Vì tàu thủy neo cố định tại một điểm trên đường xích đạo nên đối với trục quay của Trái Đất thì tàu thủy quay tròn quanh trục (quay theo Trái Đất). Chu kì quay của tàu thủy bằng đúng chu kì tự.quay của Trái Đất (24giờ).

. Khi trục máy đang quay, dùng bút vẽ một đường dọc theo trục quay trong thời gian t (đo bằng đồng hồ). Thực tế, bút vẽ trên trục một đường xoắn ốc có nhiều vòng. Cho máy dừng và đếm số vòng xoắn ốc (n).

Vận tốc góc của máy là: $\omega = \frac{n}{t}$ (vòng/giây).

6. Vận tốc dài : $v_A = \omega R_A = \frac{2\pi}{T}R_A = = \frac{2.3,14}{0,8}.0,42 = 3,297m/s.$

Vận tốc góc : $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2.3,14}{0,8} = 7,85rad/s.$

Gia tốc hướng tâm: $a_A = \frac{v_A^2}{r_A} = \frac{3,297^2}{0,42.} = 25,88m/s^2.$

7. * Kim giờ quay 1 vòng hết thời gian $T_g = 12h = 43200s$.

Vận tốc góc $\omega_g = \frac{2\pi}{T_g} = \frac{2.3,14}{43200} = 0,000145rad/s.$

Vận tốc dài $v_g = R\omega_g = 0,08.0,000145 = 1,16.10^{-5}m/s.$

* Kim phút quay 1 vòng hết thời gian $T_{ph} = 1h = 3600s$.

Vận tốc góc $\omega_{ph} = \frac{2\pi}{T_{ph}} = \frac{2.3,14}{3600} = 0,00174rad/s.$

Vận tốc dài $v_{ph} = R\omega_{ph} = 0,1.0,00174 = 1,74.10^{-4}m/s.$

8. Chu kì quay của kim giờ và kim phút là $T_g = 12h$ và $T_{ph} = 1h$.

Ta có $T_g = \frac{2\pi}{\omega_g}$ và $T_{ph} = \frac{2\pi}{\omega_{ph}}$. Lập tỉ số: $\frac{T_g}{T_{ph}} = \frac{\omega_{ph}}{\omega_g} = 12.$

Chú ý rằng $\omega_g = \frac{v_g}{R_g}$; $\omega_{ph} = \frac{v_{ph}}{R_{ph}} \Rightarrow \frac{v_{ph}}{v_g} = \frac{\omega_{ph}}{\omega_g}.\frac{R_{ph}}{R_g} = 12.\frac{4}{3} = 16.$

9. Khi bánh xe đạp lăn 1 vòng thì xe chuyển động được quãng đường bằng đúng chu vi bánh xe: $s = 2\pi R = 2.3,14.0,36 = 2,26m.$

Thời gian chuyển động (bánh xe quay 1 vòng): $t = T = \frac{s}{v} = \frac{2,26}{5} = 0,45s.$

Vận tốc góc $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2.3,14}{0,45} = 13,95$ rad/s.

Vận tốc dài $v = \omega R = 13,95.0,36 = 5m/s$. (Vận tốc dài của một điểm trên vành bánh xe bằng tốc độ của xe).

10. Vận tốc góc $\omega = \frac{v}{R+h} = \frac{7,9}{6400+280} = 1,18.10^{-3}$ rad/s.

Chu kì $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2.3,14}{1,18.10^{-3}} = 5,32.10^3s = 1h28ph40s.$

Tần số $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5,32.10^3} = 0,188.10^{-3}$ vòng/giây.

§10. TÍNH TƯƠNG ĐỐI CỦA CHUYỂN ĐỘNG CÔNG THỨC CỘNG VẬN TỐC

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Tính tương đối của chuyển động

Trong các hệ quy chiếu khác nhau, vị trí và vận tốc của một vật có thể có những giá trị khác nhau. Ta nói chuyển động có tính tương đối.

2. Công thức cộng vận tốc

Vật thứ nhất chuyển động với vận tốc $\vec{v}_{12}$ so với vật thứ hai;

Vật thứ hai chuyển động với vận tốc $\vec{v}_{23}$ so với vật thứ ba;

Vật thứ nhất chuyển động với vận tốc $\vec{v}_{13}$ so với vật thứ ba.

Giữa $\vec{v}_{12}$, $\vec{v}_{23}$ và $\vec{v}_{13}$ ta có công thức: $\vec{v}_{13} = \vec{v}_{12} + \vec{v}_{23}$

Công thức trên gọi là công thức cộng vận tốc.

Về độ lớn :

–Nếu $\vec{v}_{12}$ cùng hướng với $\vec{v}_{23}$ thì: $v_{13} = v_{12} + v_{23}$

– Nếu $\vec{v}_{12}$ ngược hướng với $\vec{v}_{23}$ và $v_{12} > v_{23}$ thì: $v_{13} = v_{12} - v_{23}$

– Nếu $\vec{v}_{12}$ ngược hướng với $\vec{v}_{23}$ và $v_{12} < v_{23}$ thì: $v_{13} = v_{23} - v_{12}$

– Nếu $\vec{v}_{12}$ vuông góc với $\vec{v}_{23}$ thì: $v_{13} = \sqrt{v_{12}^2 + v_{23}^2}$.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Một máy bay đang bay theo phương ngang thì thả một thùng hàng xuống một địa điểm định trước. Thùng hàng sẽ rơi theo quỹ đạo nào? nếu:
   a) Người quan sát đứng trên mặt đất.
   b) Người quan sát chính là phi công lái máy bay.
2. Hai ôtô đang chuyển động cùng hướng trên một đường thẳng. Khi ôtô thứ nhất vượt qua ôtô thứ hai, một em bé ngồi trên ôtô thứ nhất bảo rằng ôtô kia chạy thụt lùi. Theo em, nói như thế có hợp lí không? Tại sao?
3. Hai ôtô A và B chạy theo hai đường thẳng vuông góc nhau với cùng vận tốc là v. Hãy vẽ vectơ vận tốc của ôtô B đối với người ngồi trên ôtô A.
4. Trung tâm phóng tên lửa vũ trụ của Châu Âu đặt ở Kuru (Kourou) trên đảo Guyan (thuộc Pháp) nằm gần xích đạo. Hỏi với lí do vật lý nào, người ta lại chọn vị trí đó? Tại trung tâm phóng tên lửa này, cần phải phóng tên lửa theo hướng nào để có lợi nhất về vận tốc?
5. Hai đầu máy xe lửa cùng chạy trên một đoạn đường sắt thẳng với vận tốc 48km/h và 55km/h. Tính độ lớn vận tốc tương đối của đầu máy thứ nhất so với đầu máy thứ hai và nêu rõ hướng của vận tốc tương đối nói trên với hướng chuyển động của đầu máy thứ hai trong các trường hợp:

a) Hai đầu máy chạy ngược chiều.

b) Hai đầu máy chạy cùng chiều.

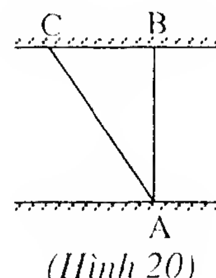
6. Hai bến sông A và B cách nhau 22km. Một chiếc canô phải mất bao nhiêu thời gian để đi từ A đến B rồi từ B trở về A nếu vận tốc của canô khi nước sông không chảy là 18km/h và vận tốc của dòng nước so với bờ sông 4km/h.

7. Một chiếc canô chạy thẳng đều xuôi theo dòng chảy từ bến A đến bến B phải mất 2giờ và khi chạy ngược dòng chảy từ bến B trở về bến A phải mất 3giờ. Hỏi nếu canô bị tắt máy và trôi theo dòng chảy thì phải mất bao nhiêu thời gian ?

8. Một người chèo thuyền qua sông với vận tốc 5,4km/h theo hướng vuông góc với bờ sông. Do nước sông chảy nên thuyền đã bị đưa xuôi theo dòng chảy xuống phía dưới hạ lưu một đoạn bằng 75m. Độ rộng của dòng sông là 225m. Hãy tính vận tốc của dòng nước chảy đối với bờ sông và thời gian thuyền qua sông.

9. Một thang cuốn tự động đưa khách từ tầng trệt lên lầu trong 1,2phút. Nếu thang ngừng thì khách phải đi bộ lên trong 4phút. Hỏi nếu thang vẫn chạy mà khách vẫn bước lên thì mất bao lâu? Coi vận tốc chuyển động của người trong hai trường hợp là không đổi.

10. Một người lái đò chèo đò qua một con sông rộng 420m. Muốn cho đò đi theo đường AB vuông góc với bờ sông, người ấy luôn hướng con đò theo hướng AC như hình vẽ (Hình 20). Đò sang sông mất một thời gian là 6ph40giây,vận tốc của dòng nước so với bờ sông là 0,5m/s. Tìm vận tốc của con đò so với dòng nước.



(Hình 20)

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. a) Đối với người quan sát đứng trên mặt đất, thùng hàng rơi theo quỹ đạo là một nhánh parabol.

b) Đối với người phi công, thùng hàng rơi theo phương thẳng đứng.

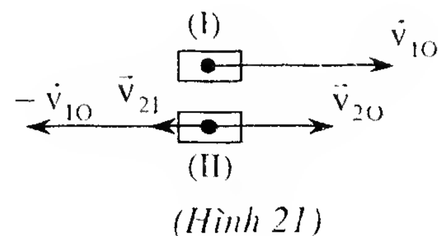
2. Nói như thế là hợp lí (theo cách nói thông thường của một em bé) vì vận tốc của ôtô thứ hai so với ôtô thứ nhất ngược với hướng chuyển động của ôtô thứ nhất.

Giải thích:

Gọi $\vec{v}_{10}$, $\vec{v}_{20}$ lần lượt là vận tốc của ôtô thứ nhất và thứ hai so với đất; $\vec{v}_{21}$ là vận tốc của ôtô thứ hai so với ôtô thứ nhất.

Ta có: $\vec{v}_{21} = \vec{v}_{20} + \vec{v}_{01}$ hay $\vec{v}_{21} = \vec{v}_{20} + (-\vec{v}_{10})$

Vì $v_{10} > v_{20}$ nên $\vec{v}_{21}$ ngược hướng với $\vec{v}_{10}$ như hình 21.



(Hình 21)

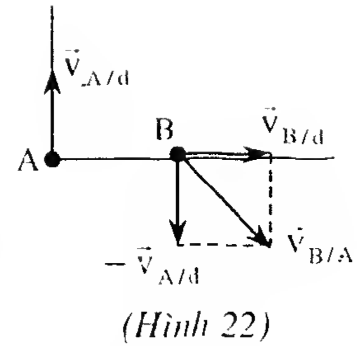
3. Theo cộng thức cộng vận tốc: $\vec{v}_{B/A} = \vec{v}_{B/d} + \vec{v}_{d/A}$

Chú ý rằng $\vec{v}_{d/A} = -\vec{v}_{A/d}$ nên :

$\vec{v}_{B/A} = \vec{v}_{B/d} + (-\vec{v}_{A/d})$ như hình 22.

Theo hình vẽ thì $v_{B/A} = \sqrt{2}\, v_{B/d} = v\sqrt{2}$ km/h.

$\vec{v}_{B/A}$ hợp với $\vec{v}_{B/d}$ một góc 45°.



(Hình 22)

4. Ta nhận thấy trong chuyển động quay của Trái Đất xung quanh trục của nó vận tốc dài có giá trị lớn nhất ở xích đạo. Người ta lợi dụng điều này để phóng các con tàu vũ trụ.

Vì lí do đó nên đảo Guyan nằm gần xích đạo được chọn làm nơi đặt bệ phóng tên lửa vũ trụ của Trung tâm nghiên cứu vũ trụ Châu Âu. Hướng phóng các con tàu là hướng Đông vì Trái Đất quay theo chiều từ Tây sang Đông. Như thế còn lợi dụng cả tốc độ quay của Trái Đất (xem thêm phần công thức cộng vận tốc).

5. Áp dụng công thức cộng vận tốc ta có:

a) Khi hai xe chạy ngược chiều: $v_{1/2} = 48 + 55 = 103$km/h.

b) Khi chạy cùng chiều : $v_{1/2} = 55 - 48 = 7$km/h.

Trong cả hai trường hợp $\vec{v}_{1/2}$ đều ngược hướng với $\vec{v}_{2/d}$.

6. Giả sử nước xuôi dòng từ A đến B .

Sử dụng công thức cộng vận tốc: $\vec{v}_{c/b} = \vec{v}_{c/n} + \vec{v}_{n/b}$.

* Khi canô chạy xuôi dòng: $v_{c/b} = v_{c/n} + v_{n/b} = 18 + 4 = 22$km/h.

Thời gian canô đi từ A đến B : $t_1 = \dfrac{AB}{v_{c/b}} = \dfrac{22}{22} = 1$ giờ.

* Khi canô ngược dòng: $v'_{c/b} = v_{c/n} - v_{n/b} = 18 - 4 = 14$km/h

Thời gian canô đi từ B về A : $t_2 = \dfrac{AB}{v'_{c/b}} = \dfrac{22}{14} = 1{,}57$ giờ.

Tổng thời gian chuyển động: t = 1 + 1,57 = 2,57 giờ = 2 giờ 34 phút.

7. Khi canô chạy xuôi dòng: $v_{c/b} = v_{c/n} + v_{n/b}$

Thời gian canô đi từ A đến B : $t_1 = \dfrac{AB}{v_{c/b}} = \dfrac{AB}{v_{c/n} + v_{n/b}} = 2$giờ (1)

Khi canô ngược dòng: $v'_{c/b} = v_{c/n} - v_{n/b}$

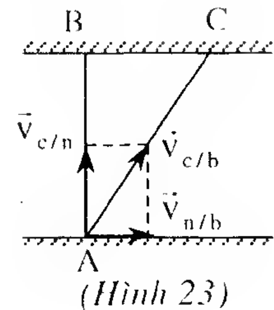
Thời gian canô đi từ B về A : $t_2 = \dfrac{AB}{v'_{c/b}} = \dfrac{AB}{v_{c/n} - v_{n/b}} = 3$giờ (2)

Lập tỉ số $\dfrac{(1)}{(2)}$ ta được: $\dfrac{v_{c/n} - v_{n/b}}{v_{c/n} + v_{n/b}} = \dfrac{2}{3} \Rightarrow v_{c/n} = 5v_{n/b}$.

Thay vào (1) ta được: $\frac{AB}{5v_{n/b} + v_{n/b}} = \frac{AB}{6v_{n/b}} = 2$giờ $\Rightarrow t = \frac{AB}{v_{n/b}} = 12$giờ.

8. Sử dụng công thức cộng vận tốc: $\vec{v}_{c/b} = \vec{v}_{c/n} + \vec{v}_{n/b}$ (hình 23).

Nhận xét: Nếu nhân 2 vế của công thức cộng vận tốc trên với thời gian chuyển động t thì ta thu được:



(Hình 23)

$t.\vec{v}_{c/b} = t.\vec{v}_{c/n} + t.\vec{v}_{n/b} \Leftrightarrow \overrightarrow{AC} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC}$

Theo đó, thời gian chuyển động của thuyền khi qua đến bờ bên kia: $t = \frac{AB}{v_{c/n}} = \frac{225}{1,5} = 150s$.

Vận tốc của dòng nước: $v_{n/b} = \frac{BC}{t} = \frac{75}{150} = 0,5m/s$.

9. Gọi s là quãng đường từ tầng trệt lên tầng lầu (theo phương chuyển động của thang cuốn). Thời gian chuyển động:

* Khi người đứng yên trên thang: $t_1 = \frac{s}{v_{t/d}} = 1,2$phút.

* Khi thang đứng yên, người đi bộ trên thang: $t_2 = \frac{s}{v_{n/t}} = 4$phút.

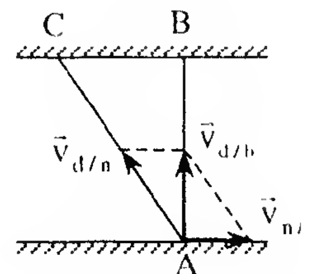
* Khi cả thang và người cùng chuyển động: $t = \frac{s}{v_{n/d}} = \frac{s}{v_{n/t} + v_{t/d}}$

Ta có: $\frac{1}{t} = \frac{v_{n/t}}{s} + \frac{v_{t/d}}{s} = \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} \Rightarrow t = \frac{t_1t_2}{t_1 + t_2}$

Thay số: $t = \frac{1,2.4}{1,2 + 4} = 0,92$phút.

10. Dùng công thức cộng vận tốc: $\vec{v}_{d/b} = \vec{v}_{d/n} + \vec{v}_{n/b}$

Lập luận tương tự bài 9 (hình 24), ta được:



(Hình 24)

Vận tốc của đò so với bờ: $v_{d/b} = \frac{AB}{t} = \frac{420}{400} = 1,05m/s$.

Vận tốc của đò so với nước:

$v_{d/n} = \sqrt{v_{d/b}^2 + v_{n/b}^2} = \sqrt{1,05^2 + 0,5^2} = 1,16m/s$.

Chương 2. ĐỘNG LỰC HỌC CHẤT ĐIỂM

§13. LỰC. TỔNG HỢP VÀ PHÂN TÍCH LỰC

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Khái niệm về lực

Lực là tác dụng của vật này lên vật khác, kết quả là làm cho vật thay đổi vận tốc hoặc bị biến dạng.

Trong hệ SI, đơn vị của lực là niutơn (N).

Lực là đại lượng vectơ.

2. Phép tổng hợp lực

a) Định nghĩa

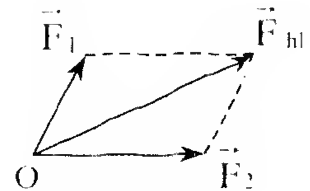
Phép tổng hợp lực là phép thay thế nhiều lực tác dụng đồng thời vào một vật bằng một lực có tác dụng giống hệt như tác dụng của toàn bộ các lực ấy.

Lực thay thế này gọi là hợp lực.

Các lực được thay thế gọi là các lực thành phần.

b) Quy tắc hợp lực (quy tắc hình bình hành)

Hợp lực của hai lực đồng qui được biểu diễn bằng đường chéo của hình bình hành mà hai cạnh là những vectơ biểu diễn hai lực thành phần. (hình 25)



(Hình 25)

3. Phép phân tích lực

– Phân tích lực là phép thay thế một lực bằng hai lực hay nhiều lực tác dụng đồng thời và gây hiệu quả giống hệt như lực ấy.

– Phép phân tích lực là phép làm ngược lại với phép tổng hợp lực, do đó nó cũng tuân theo qui tắc hình bình hành.

– Muốn phân tích một lực đã cho theo hai phương thì phải căn cứ vào những biểu hiện cụ thể của tác dụng lực đó để chọn các phương ấy.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Một vật đang chuyển động thẳng đều thì đột ngột đổi hướng chuyển động. Có thể kết luận đã có một lực khác nào đó tác dụng lên vật không? Tại sao?

2. Trong trường hợp có nhiều lực đồng quy thì vận dụng quy tắc hình bình hành như thế nào?

3. Có hai lực đồng quy mà độ lớn bằng 10N và 14N. Độ lớn của hợp lực của hai lực này có thể là 2,5N không? Hãy giải thích.

4. Một người đứng vào giữa hai chiếc bàn đặt gần nhau, mỗi tay đặt lên một bàn rồi dùng sức chống tay để nâng người lên khỏi mặt đất. Thực hiện nhiều lần và mỗi lần đẩy hai bàn tay ra xa nhau một chút, người ấy có nhận xét rằng khi hai tay càng xa nhau thì phải dùng nhiều sức hơn để lực chống của

hai tay lớn hơn, tức là càng khó nâng người lên. Hãy giải thích nguyên nhân tại sao lại như vậy?

5. Khi chẻ củi, với những khúc củi lớn người ta thường đặt cái nêm (là một miếng thép có tiết diện hình tam giác) cắm vào khúc củi sau đó lấy búa đập mạnh vào nêm. Hãy giải thích tại sao khi gõ mạnh búa vào nêm thì củi bị bửa ra.

6. Cho hai lực đồng quy có độ lớn bằng 30N và 40N. Nếu hợp lực của hai lực trên có độ lớn là F = 50N thì góc hợp bởi hai lực thành phần là bao nhiêu?

7. Hãy dùng quy tắc hình bình hành lực và quy tắc đa giác lực để tìm hợp lực của ba lực $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$, và $\vec{F_3}$ có độ lớn bằng nhau và bằng 45N, cùng nằm trong một mặt phẳng. Biết rằng lực $\vec{F_2}$ làm thành với hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_3}$ những góc đều là 60^o.

8. Cho ba lực đồng qủy cùng nằm trong một mặt phẳng, có độ lớn bằng nhau và từng đôi một làm thành góc 120^o. Chứng minh rằng hợp lực của chúng bằng 0.

9. Cho hai lực đồng quy có độ lớn $F_1 = F_2 = 28N$. Hãy tìm độ lớn hợp lực của hai lực khi chúng hợp với nhau một góc 0^o; 60^o; 90^o và 180^o.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Chắc chắn đã có một lực khác nào đó tác dụng lên vật, vì chỉ khi có một lực nào khác tác dụng lên vật thì vận tốc của vật mới biến đổi (ở đây là sự thay đổi về phương của vectơ vận tốc tức phương chuyển động).

2. Trong trường hợp có nhiều lực đồng quy thì ta vận dụng quy tắc hình bình hành lần lượt. Chẳng hạn có 4 lực đồng quy là $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$, $\vec{F_3}$ và $\vec{F_4}$, trước hết ta áp dụng quy tắc hình bình hành cho hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ để tìm hợp lực $\vec{F_{12}}$, sau đó ta tiếp tục áp dụng quy tắc hình bình hành cho hai lực $\vec{F_{12}}$ và $\vec{F_3}$ để tìm hợp lực $\vec{F_{123}}$, cuối cùng ta áp dụng áp dụng quy tắc hình bình hành cho hai lực $\vec{F_{123}}$ và $\vec{F_4}$ để tìm hợp lực $\vec{F_{hl}}$.

3. Trong phép tổng hợp hai lực thì hai lực thành phần cùng với hợp lực tạo thành một hình tam giác. Độ lớn của các lực biểu diễn bằng độ dài của các cạnh tam giác đó. Độ dài của một cạnh (coi là hợp lực) luôn lớn hơn hoặc bằng hiệu và nhỏ hơn hoặc bằng tổng độ dài hai cạnh kia.

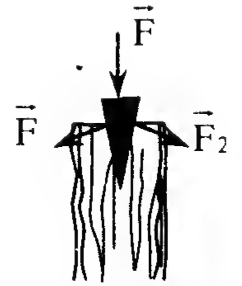
   Theo đó ta có: $F_1 + F_2 \geq F_{hl} \geq |F_1 - F_2|$

   Từ các số liệu, ta thấy độ lớn của hợp lực không thể là 2,5N.

4. Nguyên nhân là vì khi đẩy bàn ra xa, góc giữa hai tay chống tăng dần, nếu lực chống của tay không đổi thì hợp lực (lực nâng người lên) sẽ giảm dần.

5. Khi gõ mạnh vào cán búa (bằng lực $\vec{F}$), nêm sắt đi sâu vào khúc củi, lực do búa tác dụng lên nêm được nêm truyền đến khúc củi.

Do cấu tạo hình tam giác nên khi tác dụng lên khúc củi, lực đập của búa được phân ra làm hai thành phần $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ theo hai hướng như hình 26. Nếu nêm được cắm vào đúng thớ gỗ thì hai lực này có thể bửa được củi ra (tất nhiên phải đập nhiều lần lên nêm).



(Hình 26)

Nếu hình dạng của nêm phù hợp thì độ lớn các lực thành phần $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$ là khá lớn so với độ lớn của lực .

6. Trong phép tổng hợp hai lực thì hai lực thành phần cùng với hợp lực tạo thành một hình tam giác. Độ lớn của các lực biểu diễn bằng độ dài của các cạnh tam giác đó.

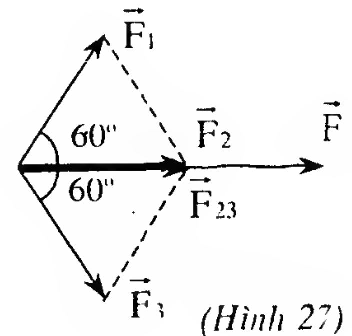
Từ định lí hàm số cosin đối với tam giác, áp dụng cho trường hợp này ta có góc giữa hai lực đồng quy xác định bởi: $\cos\alpha = \dfrac{F_1^2 + F_2^2 - F^2}{2F_1F_2}$.

Thay số: $\cos\alpha = \dfrac{30^2 + 40^2 - 50^2}{2.30.40} = 0 \Rightarrow \alpha = 90^o$.

7. Hợp lực $\vec{F} = \vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{F_3}$

$\vec{F} = (\vec{F_1} + \vec{F_3}) + \vec{F_2}$

$\vec{F} = \vec{F_{13}} + \vec{F_2}$ (Hình 27)



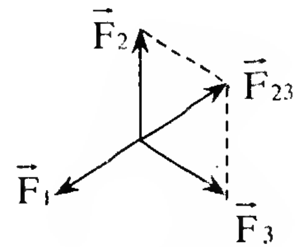
(Hình 27)

Dễ thấy rằng $\vec{F_{13}} = \vec{F_2} \Rightarrow \vec{F} = 2\vec{F_2}$.

Về độ lớn F = 2.45 = 90N.

8. Hợp lực $\vec{F} = \vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{F_3}$

Hay $\vec{F} = \vec{F_1} + (\vec{F_2} + \vec{F_3}) = \vec{F_1} + \vec{F_{23}}$



(Hình 28)

Trên hình 28: $\vec{F_{23}}$ có độ lớn: $F_{23} = 2F_2\cos60^o = F_1$

$\vec{F_{23}}$ trực đối với $\vec{F_1}$ nên hợp lực $\vec{F} = \vec{F_1} + \vec{F_{23}} = 0$.

9. * Khi $\alpha = 0^o$: $F = F_1 + F_2 = 28 + 28 = 56$N.

* Khi $\alpha = 60^o$: $F = 2F_1\cos30^o = 2.28.\dfrac{\sqrt{3}}{2} = 28\sqrt{3}$ N.

* Khi $\alpha = 90^o$: $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{28^2 + 28^2} = 28\sqrt{2}$ N.

* Khi $\alpha = 180^o$: $F = F_1 - F_2 = 28 - 28 = 0$.

§14. ĐỊNH LUẬT I NIUTƠN

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Định luật I Niutơn

Nếu không chịu tác dụng của các vật khác thì vật giữ nguyên trạng thái đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều.

2. Ý nghĩa của định luật I Niutơn

Định luật I Niutơn nêu lên một tính chất quan trọng của các vật, đó là xu hướng bảo toàn vận tốc của mọi vật. Tính chất đó gọi là quán tính.

Quán tính là tính chất của mọi vật có xu hướng bảo toàn vận tốc cả về hướng và độ lớn. Định luật I Niutơn gọi là định luật quán tính và chuyển động thẳng đều được gọi là chuyển động theo quán tính.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hãy vận dụng định luật I Niutơn để giải thích tại sao lực không phải là nguyên nhân duy trì sự chuyển động?

2. Giải thích các trường hợp sau:

   a) Khi áo có bụi, ta giũ mạnh, áo sẽ sạch bụi.

   b) Khi tra cán búa, người ta lắp đầu búa vào cán sau đó đập mạnh đầu cán búa còn lại xuống nền nhà. Đầu búa sẽ ăn sâu vào cán búa.

   c) Bút máy tắc, ta vẩy cho ra mực.

3. Hãy nêu một số hiện tượng trong thực tế, có cách giải thích như câu 2.

4. Một vật đang chuyển động với vận tốc 2m/s. Nếu bỗng nhiên các lực tác dụng lên nó mất đi. Có hai ý kiến sau:

   a) Vật chuyển động chậm dần rồi mới dừng lại.

   b) Vật chuyển động thẳng đều với vận tốc 2m/s.

   Theo em, ý kiến nào đúng? Tại sao?

5. Một học sinh cho rằng, ôtô, xe lửa không thể chuyển động thẳng đều vì trong ôtô, xe lửa luôn có lực phát động của động cơ.

   Quan niệm như thế có đúng không? Tại sao?

6. Tại sao ở nhiều nước lại bắt buộc người lái xe và những người ngồi trong xe ôtô phải khoác một dây vòng qua ngực, hai đầu móc vào ghế ngồi?

7. Sau khi đo nhiệt độ cơ thể cho bệnh nhân bằng nhiệt kế (ống cặp sốt), ta thường thấy bác sĩ vẩy mạnh chiếc ống cặp sốt làm cho thủy ngân bên trong ống tụt xuống dưới bầu.

   Cách làm trên dựa trên cơ sở vật lí nào? Hãy giải thích.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Theo định luật I Niutơn thì: 'Một vật sẽ đứng yên hay chuyển động thẳng đều nếu không chịu một lực nào tác dụng, hoặc nếu các lực tác dụng vào nó cân bằng nhau. Rõ ràng là theo cách phát biểu trên, ngay cả khi không có lực tác dụng, vật vẫn chuyển động thẳng đều, tức là lực không phải là nguyên nhân duy trì chuyển động.

2. a) Khi ta giũ áo, áo và bụi (dính vào áo) cùng chuyển động. Khi áo dừng lại đột ngột, các hạt bụi dính trên áo do quán tính vẫn tiếp tục chuyển động và văng khỏi áo.

b) Trước khi cán búa dập vào nền nhà, cả đầu búa và cán búa cùng chuyển động đi xuống. Khi cán búa đập vào nền nhà, cán búa dừng lại đột ngột, nhưng do quán tính đầu búa vẫn tiếp tục chuyển động theo hướng cũ nên đầu búa đi sâu vào cán.

c) Khi ta vẩy bút, cả bút và mực bên trong cùng chuyển động. Khi dừng tay, bút dừng lại đột ngột còn mực bên trong do quán tính vẫn tiếp tục chuyển động nên văng ra ngoài.

3. Một số thí dụ: Khi đang chạy nếu bị vấp, người sẽ ngã về phía trước; Một ôtô dang chạy, nếu đột nhiên xe dừng lại thì hành khách sẽ bị ngã về phía trước; Ôtô khi hãm phanh, xe không dừng lại mà còn chuyển động thêm một doạn rồi mới dừng lại.

4. Ý kiến thứ hai đúng. Khi các lực tác dụng lên vật mất đi, vật sẽ chuyển động thẳng dều với vận tốc mà nó dang có, tức vật chuyển động thẳng đều với vận tốc 2m/s.

5. Quan niệm như thế là sai. Sở dĩ các ôtô, xe lửa chuyển động thẳng dều được là do lực phát động của đầu máy cân bằng với các lực ma sát của mặt đường và lực cản của không khí.

6. Khi ôtô đang chuyển động nhanh nếu phải dừng đột ngột, do có quán tính, người ngồi trên xe có xu hướng bị ngã về phía trước, ngược lại khi xe đang chuyển động chậm nếu đột ngột tăng tốc, người ngồi trên xe có xu hướng bị ngã ra phía sau.

Hiện tượng trên có thể giải thích cụ thể như sau:

Xe đang chuyển động nhanh, người ngồi trên xe cũng chuyển động theo ôtô, khi xe dừng dột ngột phần chân của người dừng lại cùng với ôtô nhưng phần cơ thể phía trên có xu hướng duy trì vận tốc cũ tức là vẫn chuyển động tới phía trước. Kết quả là, người ngồi trên xe bị ngã tới phía trước.

Việc người trên xe phải khoác một chiếc đây phía trước ngực (gọi là dây an toàn) giúp cho người không bị ngã trong những trường hợp trên.

7. Động tác vẩy mạnh chiếc ống cặp sốt làm cho thủy ngân bên trong ống tụt xuống dưới bầu dựa trên tính quán tính. (Giải thích tương tự câu 2).

§15. ĐỊNH LUẬT II NIUTƠN

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Định luật II Niutơn

Gia tốc của một vật luôn cùng chiều với lực tác dụng lên vật. Độ lớn của gia tốc tỉ lệ thuận với lực tác dụng lên vật và tỉ lệ nghịch với khối lượng của nó.

Biểu thức dưới dạng vectơ: $\vec{a} = \dfrac{\vec{F}}{m}$

2. Các đặc trưng của lực

– Điểm đặt của lực là vị trí mà lực đặt lên vật.

– Phương và chiều của lực là phương và chiều của gia tốc mà lực gây ra cho vật.

– Độ lớn của lực: lực tác dụng lên vật có khối lượng m gây ra cho nó gia tốc a thì độ lớn của lực bằng tích m.a.

3. Khối lượng và quán tính

Khối lượng của vật là đại lượng đặc trưng cho mức quán tính của vật.

4. Nguyên lí độc lập của tác dụng

Gia tốc mà mỗi lực gây cho vật không phụ thuộc vào việc có hay không có tác dụng của các lực khác.

5. Điều kiện cân bằng của một vật (coi là chất điểm)

Điều kiện cân bằng của một vật (chất điểm): Chất điểm đang đứng yên thì hợp lực của tất cả các lực tác dụng lên nó bằng không.

6. Mối liên hệ giữa trọng lượng và khối lượng của một vật

Áp dụng định luật II Niutơn ta có: $\vec{P} = m\vec{g}$

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Cho hai vật chịu tác dụng của những lực có độ lớn bằng nhau. Hãy vận dụng định luật II để suy ra rằng vật nào có khối lượng lớn hơn thì càng khó thay đổi vận tốc hơn, tức là có mức quán tính lớn hơn.
2. Hai vật cùng bắt đầu chuyển động dưới tác dụng của lực. Hãy chứng minh rằng những quãng đường mà hai vật đi được trong cùng một khoảng thời gian thì tỉ lệ thuận với các lực tác dụng nếu hai vật có khối lượng bằng nhau và tỉ lệ nghịch với khối lượng nếu hai lực có độ lớn bằng nhau.
3. Ở các sân bay ta thường thấy đường băng (dành cho máy bay cất cánh và hạ cánh) rất dài. Tại sao không thiết kế đường băng ngắn hơn, việc xây dựng các đường băng dài như thế có lãng phí không? Hãy giải thích.
4. Theo định luật II Niutơn thì gia tốc tỉ lệ thuận với lực tác dụng. Vậy trong sự rơi tự do, trọng lực càng lớn thì gia tốc rơi tự do cũng càng lớn, tuy nhiên gia tốc rơi tự do của tất cả các vật là như nhau. Hãy giải thích tại sao?

5. Tại sao khi bắt bóng, có trường hợp thủ môn không chặn đứng bóng mà lại rụt tay về?

6. Một học sinh nói rằng cả viên gạch rơi nhanh gấp đôi nửa viên gạch vì trọng lực tác dụng vào nó gấp đôi. Một học sinh khác nói rằng cả viên gạch rơi chậm hơn nửa viên gạch vì nó có mức quán tính gấp đôi. Hãy giải thích xem ai nói đúng?

7. Hệ lực cân bằng là gì? Vẽ hình minh họa trường hợp ba lực cân bằng và hai lực cân bằng nhau. Giá của chúng phải thỏa mãn điều kiện gì?

8. Một máy bay phản lực có khối lượng 45 tấn, khi hạ cánh chuyển động chậm dần đều với gia tốc $0,5m/s^2$. Hãy tính lực hãm.

9. Một vật có khối lượng 48kg, bắt đầu chuyển động nhanh dần đều và sau khi đi được 1m thì có vận tốc 0,5m/s. Tính lực tác dụng vào vật.

10. Một ôtô không chở hàng có khối lượng 2,4tấn, khởi hành với gia tốc $0,36m/s^2$. Ôtô đó khi chở hàng khởi hành với gia tốc $0,24m/s^2$. Biết rằng hợp lực tác dụng vào ôtô trong hai trường hợp đều bằng nhau. Tính khối lượng của hàng hóa trên xe.

11. Một vật có khối lượng m = 12kg, bắt đầu chuyển động dưới tác dụng của một lực kéo, đi được quãng đường s trong thời gian 10s. Đặt thêm lên nó một vật khác có khối lượng 8kg. Để thực hiện quãng đường s và cũng với lực kéo nói trên, thời gian chuyển động phải bằng bao nhiêu?

12. Lực F_1 tác dụng lên một vật trong khoảng thời gian 1s làm vận tốc nó thay đổi từ 0,4m/s đến 1,2m/s. Lực F_2 tác dụng lên vật đó trong khoảng thời gian 2s làm vận tốc nó thay đổi từ 1,2m/s đến 1,6m/s.

a) Tính tỉ số $F_1 : F_2$

b) Nếu lực F_2 tác dụng lên vật cũng trong khoảng thời gian 1s thì vận tốc của vật thay đổi một lượng bao nhiêu?

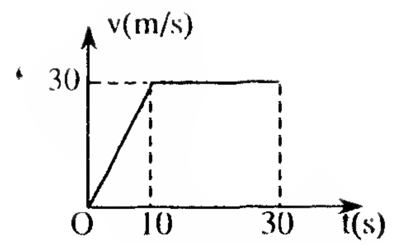
13. Lực F truyền cho vật khối lượng m_1 gia tốc $a_1 = 2,5m/s^2$, truyền cho vật khối lượng m_2 gia tốc $a_2 = 6m/s^2$. Hỏi lực F sẽ truyền cho vật có khối lượng $m = m_1 + m_2$ một gia tốc là bao nhiêu?

14. Dưới tác dụng của lực F nằm ngang, xe lăn chuyển động không vận tốc đầu, đi được quãng đường 3,6m trong thời gian t. Nếu đặt thêm vật khối lượng 450g lên xe thì xe chỉ đi được quãng đường 2,4m trong thời gian t. Bỏ qua ma sát. Tìm khối lượng xe.

15. Một xe lăn khối lượng 30kg, dưới tác dụng của một lực kéo, chuyển động không vận tốc đầu từ đầu phòng đến cuối phòng mất 10s. Khi chất lên xe một kiện hàng và cũng với lực kéo đó, xe phải chuyển động mất 15s. Tìm khối lượng kiện hàng. Bỏ qua ma sát.

16. Xe có khối lượng m = 800kg đang chuyển động thẳng đều thì hãm phanh, chuyển động chậm dần đều. Tìm lực hãm, biết quãng đường đi được trong giây cuối cùng của chuyển động là 1,5m.

17. Một vật có khối lượng 20kg được kéo chuyển động thẳng theo hai giai đoạn liên tiếp, có đồ thị vận tốc theo thời gian như hình 29. Biết trong suốt quá trình chuyển động, lực cản không đổi và có giá trị Fc = 12N. Tính lực kéo trong mỗi giai đoạn.



(Hình 29)

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Gọi m_1 và m_2 là khối lượng các vật với $m_1 > m_2$. Khi chịu tác dụng của lực F như nhau, gia tốc mà các vật thu được có độ lớn: $a_1 = \frac{F}{m_1}$; $a_2 = \frac{F}{m_2}$.

Lập tỉ số, ta có: $\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$. Rõ ràng $m_1 > m_2$ thì $a_1 < a_2$.

2. Gia tốc của các vật: $a_1 = \frac{F_1}{m_1}$; $a_2 = \frac{F_2}{m_2}$.

Quãng đường các vật đi được trong thời gian t:

$$s_1 = \frac{1}{2}a_1t^2 \text{ hay } s_1 = \frac{1}{2}\frac{F_1}{m_1}t^2 \;;\quad s_2 = \frac{1}{2}a_2t^2 \text{ hay } s_2 = \frac{1}{2}\frac{F_2}{m_2}t^2$$

a) Khi $m_1 = m_2$ thì $\frac{s_1}{s_2} = \frac{F_1}{F_2}$.

b) Khi $F_1 = F_2$ thì $\frac{s_1}{s_2} = \frac{m_2}{m_1}$.

3. Ta biết vật nào có khối lượng càng lớn thì có quán tính càng lớn, máy bay càng nặng thì "tính ì" của nó càng lớn. Khi cất cánh, máy bay phải có vận tốc đủ lớn, muốn vậy đường băng phải dài để máy bay có đủ thời gian để tăng tốc đến vận tốc cần thiết khi cất cánh.

4. Trọng lực tỉ lệ thuận với khối lượng do đó sự tăng khối lượng bao nhiêu lần thì trọng lực cũng tăng bấy nhiêu lần. Kết quả là tỉ số giữa trọng lực và khối lượng (chính là gia tốc) vẫn là đại lượng không đổi.

5. Quả bóng có khối lượng nên có mức quán tính nhất định nào đó. Nếu khi bóng chạm đến tay, thủ môn rút tay lại một chút thì bóng sẽ tác dụng lực lên tay thủ môn nhỏ hơn nhiều so với trường hợp chặn đứng bóng.

6. Cả hai học sinh đều sai. Nếu bỏ qua sức cản không khí thì mọi vật đều rơi tự do với gia tốc bằng nhau và bằng g.

7. * Hệ lực $\vec{F_1}, \vec{F_2}, \ldots \vec{F_n}$ được coi là hệ lực cân bằng nếu khi hệ các lực đó tác dụng vào vật, mà vật đó có gia tốc bằng 0.

* Trên hình 30a là hệ 3 lực $\vec{F_1}, \vec{F_2}, \vec{F_3}$ cân bằng.

Ta có: $\vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{F_3} = \vec{0}$ hay $\vec{F_1} + (\vec{F_2} + \vec{F_3}) = \vec{F_1} + \vec{F_{23}} = \vec{0}$

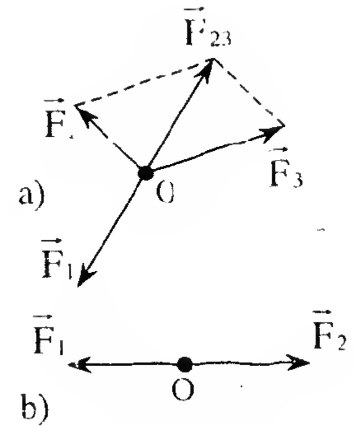
Hay $\vec{F_1} = -\vec{F_{23}} = \vec{0}$. Trong đó: $\vec{F_{23}} = \vec{F_2} + \vec{F_3}$

$\vec{F_{23}}$ trực đối với $\vec{F_1}$ và do đó $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$, $\vec{F_3}$ phải có giá cùng nằm trên một mặt phẳng (đồng phẳng)

* Trên hình 30b là hệ 2 lực $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$ cân bằng.

Ta có: $\vec{F_1} + \vec{F_2} = \vec{0}$ Hay $\vec{F_1} = -\vec{F_2}$

Hai lực $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$ có cùng giá, ngược chiều và cùng độ lớn.



$\vec{F_1}$ $\vec{F_2}$

O

b)

(Hình 30)

8. Lực hãm ở đây được hiểu bao gồm lực hãm của động cơ và các lực cản trở chuyển động của máy bay khi hạ cánh.

Độ lớn của lực hãm: $F = m.a = 45.10^3.0,5 = 22,5.10^3$N.

9. Chọn chiều dương là chiều chuyển động.

Từ công thức $v_t^2 - v_o^2 = 2as$ với $v_o = 0 \Rightarrow$ gia tốc $a = \dfrac{v_t^2}{2s} = \dfrac{0,5^2}{2.1} = 0,125 m/s^2$.

Lực tác dụng: $F = ma = 48.0,125 = 6N$.

10. Gọi F là độ lớn của hợp lực trong hai trường hợp, M là khối lượng của ôtô, m là khối lượng của hàng hóa.

Khi xe không chở hàng: $F = M.a_1$ (1)

Khi xe chở hàng: $F = (M + m)a_2$ (2)

Từ (1) và (2) $\Rightarrow M.a_1 = (M + m)a_2$

$\Rightarrow$ Khối lượng hàng: $m = \dfrac{M(a_1 - a_2)}{a_2} = \dfrac{2,4(0,36 - 0,24)}{0,24} = 1,2$tấn.

11. Chọn chiều dương là chiều chuyển động.

Áp dụng định luật II Niutơn : $F = ma$

Lực kéo như nhau $\Rightarrow ma = (m + m')a'$

Chú ý: $s = \dfrac{1}{2}at^2$ và $s = \dfrac{1}{2}a't'^2 \Rightarrow \dfrac{a}{a'} = \dfrac{m + m'}{m} = \left(\dfrac{t'}{t}\right)^2$

$\Rightarrow t' = t\sqrt{\dfrac{m + m'}{m}} = 10\sqrt{\dfrac{12 + 8}{12}} = 12,9s$.

12. a) Ta có: $F_1 = ma_1 = m\dfrac{v_1' - v_1}{\Delta t_1}$ và $F_2 = ma_2 = m\dfrac{v_2' - v_2}{\Delta t_2}$.

Lập tỉ số: $\dfrac{F_1}{F_2} = \dfrac{\Delta t_2}{\Delta t_1}\dfrac{v_1' - v_1}{v_2' - v_2} = \dfrac{2}{1}.\dfrac{1,2 - 0,4}{1,6 - 1,2} = 4$.

b) Ta có $F_2 = ma_2 = m\frac{\Delta v}{\Delta t_1} = m\frac{v_1' - v_1}{4\Delta t_1} \Rightarrow \Delta v = \frac{v_1' - v_1}{4\Delta t_1}$

Thay số: $\Delta v = \frac{1,2 - 0,4}{4} = 0,2m/s$.

13. Ta có $m_1 = \frac{F}{a_1}$; $m_2 = \frac{F}{a_2}$.

Gia tốc $a = \frac{F}{m} = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{F}{\frac{F}{a_1} + \frac{F}{a_2}} = \frac{a_1 a_2}{a_1 + a_2} = \frac{2,5.6}{2,5 + 6} = 1,76m/s^2$.

14. Gọi m và m' là khối lượng của xe lăn và của vật đặt thêm. Gia tốc của xe trong hai trường hợp là a, a'. Ta có: $F = ma = (m + m')a'$.

Quãng đường xe đi trong hai truờng hợp : $s = \frac{1}{2}at^2$; $s' = \frac{1}{2}a't^2$.

$\Rightarrow \frac{m + m'}{m} = \frac{a}{a'} = \frac{s}{s'} \Rightarrow m = \frac{s'}{s - s'}m' = \frac{2,4}{3,6 - 2,4}.0,45 = 0,9kg.$

15. Chọn chiều dương là chiều chuyển động.

Áp dụng định luật II Niutơn : $F = ma$

Lực kéo như nhau $\Rightarrow ma = (m + m')a'$

Chú ý: $s = \frac{1}{2}at^2$ và $s' = \frac{1}{2}a't'^2 \Rightarrow \frac{a}{a'} = \frac{m + m'}{m} = \left(\frac{t'}{t}\right)^2 = 2,25$

Khối lượng hàng: $m' = 2,25m - m = 1,25m = 1,25.30 = 37,5kg.$

16. Quãng đường đi trong thời gian t (giây) và (t – 1) giây đầu tiên:

$S = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ và $S' = v_0(t - 1) + \frac{1}{2}a(t - 1)^2$.

Quãng đường đi trong giây cuối cùng : $\Delta S = S - S' = 1m$.

$\Rightarrow \Delta S = v_0t + \frac{1}{2}at^2 - v_0(t - 1) - \frac{1}{2}a(t - 1)^2$

$\Delta S = v_0 + \frac{1}{2}a(t^2 - t^2 + 2t - 1) = v_0 + \frac{1}{2}a(2t - 1) = v_0 + at - \frac{a}{2} = 1,5.$

Chú ý : $at = -v_0 \Rightarrow a = 3m/s^2 \Rightarrow$ Lực hãm : $F = ma = 2400$ N.

17. Trong 10s đầu tiên, vật chuyển động nhanh dần đều với gia tốc được tính bởi $a_1 = \frac{30}{10} = 3m/s^2$. Hợp lực tác dụng lên vật $F = ma = 20.3 = 60N$

$\Rightarrow$ Lực kéo $F_k = F + Fc = 60 + 12 = 72N.$

Trong 20s tiếp theo, vật chuyển động thẳng đều nên $F_k = F_c = 12N$.

§16. ĐỊNH LUẬT III NIUTƠN

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Sự tương tác giữa các vật

Nếu vật A tác dụng lên vật B một lực thì ngược lại vật B cũng tác dụng trở lại vật A một lực, hai lực này cùng phương, ngược chiều và cùng độ lớn.

2. Định luật III Niutơn

Hai vật tương tác nhau bằng những lực trực đối: $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$

3. Lực và phản lực

Trong hai lực $\vec{F}_{AB}$ và $\vec{F}_{BA}$ ta gọi một lực là lực tác dụng, còn lực kia gọi là phản lực. Lực tác dụng thuộc loại gì (hấp dẫn, dàn hồi, ma sát ...) thì phản lực cũng thuộc loại đó. Lực và phản lực không thể cân bằng nhau, vì chúng đặt vào hai vật khác nhau.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Giải thích một số hiện tượng trên thực tế về sự tương tác giữa các vật từ đó rút ra kết luận: Tác dụng giữa hai vật bất kì bao giờ cũng có tính chất tương hỗ (tức là có tính chất hai chiều).

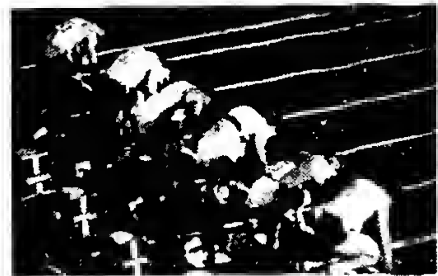
2. Hãy vận dụng dịnh luật Niutơn III vào thí dụ dùng búa đóng dinh vào một khúc gỗ để trả lời các câu hỏi sau đây:

   a) Có phải búa tác dụng lực vào dinh còn đinh không tác dụng lực vào búa? Nói một cách khác, lực có thể xuất hiện đơn lẻ được không?

   b) Nếu đinh tác dụng lên búa một lực có độ lớn bằng lực mà búa tác dụng lên đinh thì tại sao đinh lại không đứng yên? Nói cách khác, cặp "lực và phản lực" có cân bằng nhau không?

3. Trình bày phép đo khối lượng bằng cách vận dụng định luật III Niutơn.

4. Khi xuất phát để chạy cự li ngắn, vận động viên dạp mạnh vào bàn dạp như hình 31. Tìm hiểu tác dụng của cái bàn đạp mà các vận động viên chạy cự li ngắn thường dùng khi xuất phát.



(Hình 31)

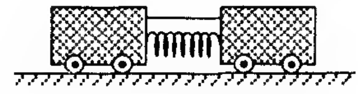
5. Hai người cầm hai đầu một sợi dây kéo, dây không đứt. Nếu hai người cầm chung một đầu dây mà kéo, còn đầu kia của dây buộc cố dịnh vào thân cây thì dây bị dứt. Hãy giải thích.

6. Một vật dặt trên bàn nằm ngang. Hỏi có những lực nào tác dụng vào vật ? Vào bàn ? Có những cặp lực trực dối nào không cân bằng nhau?

7. Khi đang chạy mà muốn dừng lại càng nhanh càng tốt thì người ta phải làm giảm vận tốc của mình một cách nhanh chóng. Hỏi lực cho phép người dừng lại lấy ở đâu?

8. Trên mặt phẳng ngang, quả cầu I chuyển động với vận tốc 7,5m/s đến va chạm với quả cầu II đang đứng yên. Sau va chạm hai quả cầu cùng chuyển động theo hướng cũ của quả cầu I với vận tốc 2,5m/s. Tính tỉ số khối lượng của hai quả cầu.

9. Xe lăn 1 có khối lượng m_1 = 320g, có gắn một lò xo. Xe lăn 2 có khối lượng m_2. Ta cho hai xe áp gần vào nhau bằng cách buộc dây để nén lò xo (hình 32).



(Hình 32)

Khi đốt dây buộc, lò xo dãn ra và sau một thời gian Δt rất ngắn, hai xe rời nhau với vận tốc v_1 = 3m/s và v_2 = 2m/s. Tính m_2. (bỏ qua ảnh hưởng của ma sát trong thời gian Δt).

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. – Khi quả bóng tennis đập vào mặt vợt, nó tác dụng lực lên mặt vợt làm cho mặt vợt bị biến dạng, ngược lại mặt vợt tác dụng lực trở lại quả bóng làm cho quả bóng bay đi.

– Khi hai người đứng sát nhau, nếu người A đẩy người B một lực thì chính người A cũng đã bị lực tác dụng từ phía người B.

Từ hai trường hợp trên và nhiều hiện tượng khác đều cho thấy: Tác dụng giữa hai vật bất kì bao giờ cũng có tính chất tương hỗ.

2. a) Không phải. Khi búa tác dụng lực vào đinh thì ngược lại đinh cũng tác dụng trở lại búa một lực.

b) Đinh tác dụng lên búa một lực có độ lớn bằng lực mà búa tác dụng lên đinh nhưng hai lực này tác dụng lên hai vật khác nhau nên chúng không thể cân bằng nhau.

3. Nguyên tắc của phép đo là dựa vào định luật III Niutơn: Muốn đo khối lượng m của một vật, ta cho vật đó tương tác với vật có khối lượng m_o đã biết. Vật m_o thu được gia tốc a_o, vật m thu gia tốc a.

Theo định luật III Niutơn: $F_{AB} = F_{BA}$ hay $m_o a_o = ma$. Suy ra: $m = m_o \frac{a_o}{a}$.

Phương pháp này được dùng để đo khối lượng của các hạt vi mô (êlectrôn, prôtôn, nơtrôn ...) hay các vật siêu vĩ mô (Mặt Trăng, Trái Đất...).

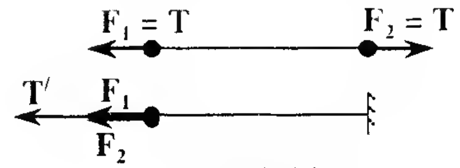
4. Khi xuất phát để chạy cự li ngắn, vận động viên đạp mạnh vào bàn đạp, theo định luật III Niutơn, bàn đạp tác dụng trở lại vận động viên một phản lực, phản lực này có tác dụng đẩy vận động viên về phía trước và làm cho vận động viên có thể thu được gia tốc lớn ngay khi xuất phát.

5. Hai người cầm hai đầu dây kéo thì sức căng T của dây bằng lực tương tác giữa hai người : $T = F_1 = F_2$. (Xem hình 33).

Nếu hai người cùng cầm một đầu dây để kéo, đầu còn lại buộc vào một điểm cố định thì sức căng của sợi dây bằng : $T' = F_1 + F_2$

Nhận xét: $T' > T$ và nếu lớn hơn lực căng giới hạn mà sợi dây có thể chịu được thì dây bị đứt.

6. Các lực tác dụng vào vật (Hình 34a)



(Hình 33)

– Trọng lực $\vec{P}_1$ của vật.

– Phản lực $\vec{N}_1$ của mặt bàn.

Các lực tác dụng vào bàn (Hình 34b):

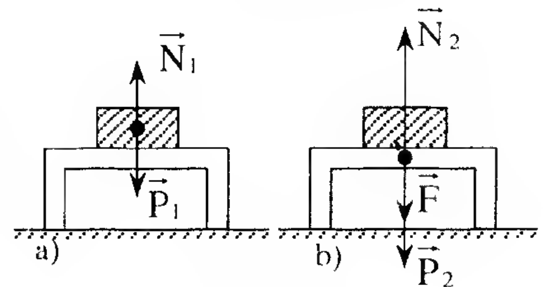
– Trọng lực $\vec{P}_2$ của bàn.

– Lực nén $\vec{F}$ của vật lên bàn ($F = P_1 = N_1$)

– Phản lực $\vec{N}_2$ của mặt đất ($N_2 = P_1 + P_2$)

Cặp lực cân bằng nhau: $\vec{P}_1 + \vec{N}_1 = 0$

(cùng tác dụng vào vật)



(Hình 34)

Cặp lực trực đối không cân bằng: $\vec{F}$ và $\vec{N}_1$ (tác dụng vào 2 vật khác nhau)

Chú ý : Nếu đặt $\vec{P}' = \vec{P}_2 + \vec{F}$ thì $\vec{N}_2$ và $\vec{P}'$ là cặp lực cân bằng.

7. Khi đang chạy mà muốn dừng lại nhanh thì người ta thường làm giảm vận tốc của mình bằng cách đưa chân tác dụng lên mặt đất về phía trước (có thể chân bị trượt về phía trước) một lực (nếu chân bị trượt thì lực tác dụng đó là lực ma sát). Theo định luật III Niutơn, đất tác dụng trở lại người một phản lực ngược với chiều chuyển động của người, lực này giúp cho người có thể giảm nhanh vận tốc và dừng lại.

8. Trong tương tác của hai quả cầu, sử dụng định luật II Niu-tơn ta suy ra :

$$m_1\vec{a}_1 = -m_2\vec{a}_2 \Leftrightarrow m_1\frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_{01}}{t} = -m_2\frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_{02}}{t}$$

Về độ lớn: $m_1(v_1 - v_{01}) = -m_2(v_2 - v_{02}) \Rightarrow \dfrac{m_1}{m_2} = -\dfrac{v_2 - v_{02}}{v_1 - v_{01}} = \dfrac{1}{2}$.

9. Theo định luật III Niutơn thì sau khi đốt dây, lực tương tác giữa hai vật có độ lớn bằng nhau: $F_{12} = F_{21}$.

Gọi m_1 và m_2 là khối lượng các vật, a_1 và a_2 là gia tốc tức thời của hai vật. Vận tốc ban đầu (vận tốc trước tương tác) của các vật đều bằng không.

Ta có: Vật 1: $F_{21} = m_1a_1 = \dfrac{m_1v_1}{\Delta t}$ (1)

Vật 2: $F_{12} = m_2a_2 = \dfrac{m_2v_2}{\Delta t}$ (2)

Từ (1) và (2) $\Rightarrow m_1v_1 = m_2v_2 \Rightarrow m_2 = \dfrac{m_1v_1}{v_2} = \dfrac{320.3}{2} = 480$ gam.

§17. LỰC HẤP DẪN

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Định luật vạn vật hấp dẫn

Hai vật (coi như chất điểm) bất kì hút nhau với một lực tỉ lệ thuận với tích của hai khối lượng của chúng và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng: $F_{hd} = G\frac{m_1.m_2}{r^2}$. Với $G = 6,67.10^{-11}$ gọi là hằng số hấp dẫn.

2. Biểu thức gia tốc rơi tự do

Lực hấp dẫn do Trái Đất đặt lên một vật được gọi là trọng lực của vật đó. Gia tốc mà trọng lực gây ra cho vật chính là gia tốc rơi tự do.

Nếu coi Trái Đất như một quả cầu đồng chất thì trọng lực P tác dụng lên một vật có khối lượng m ở độ cao h so với mặt đất là: $P = G\frac{mM}{(R+h)^2}$.

(M và R lần lượt là khối lượng và bán kính Trái Đất)

Theo định luật II Niutơn: $P = mg$.

Khi đó gia tốc rơi tự do tính bởi: $g = \frac{GM}{(R+h)^2}$.

Khi vật ở gần mặt đất ($h << R$) thì $g = \frac{GM}{R^2}$.

3. Trường hấp dẫn, trường trọng lực

Mỗi vật đều tác dụng lực hấp dẫn lên các vật xung quanh. Ta nói xung quanh mỗi vật đều có một trường hấp dẫn. Trường hấp dẫn do Trái Đất gây ra xung quanh nó gọi là trường trọng lực (hay trọng trường).

Một đặc điểm của trường trọng lực là: Nếu nhiều vật khác nhau lần lượt đặt tại cùng một điểm trong trọng trường thì trọng trường gây cho chúng cùng một gia tốc g như nhau. Đại lượng g đặc trưng cho trọng trường tại mỗi điểm về khả năng gây ra gia tốc cho mọi vật, được gọi là gia tốc trọng trường.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Tại sao hàng ngày ta không cảm nhận được lực hấp dẫn giữa ta với các vật xung quanh như bàn, ghế, tủ ...? Lực hấp dẫn giữa các vật có phụ thuộc vào bản chất của môi trường xung quanh chúng không?
2. Hai chiếc tàu thủy có khối lượng rất lớn, lực hấp dẫn giữa chúng lại rất nhỏ (đến mức ta không nhận biết được có lực hút này). Thế nhưng một chiếc đinh sắt đặt gần một thỏi nam châm thì chúng lại hút nhau bằng một lực khá lớn mặc dù khối lượng của chúng là nhỏ. Điều này có mâu thuẫn với sự tỉ lệ của lực hấp dẫn với tích khối lượng của các vật như đã nêu trong định luật vạn vật hấp dẫn không? Tại sao?

3. Dựa trên cơ sở nào mà có thể khẳng định ở cùng một nơi trên mặt đất, các vật rơi tự do đều có cùng một gia tốc g. Tại sao gia tốc rơi tự do và trọng lượng của vật càng lên cao thì càng giảm?

4. Ban đầu, hai vật đặt cách nhau một khoảng R_1 lực hấp dẫn giữa chúng là F_1. Cần phải tăng hay giảm khoảng cách giữa 2 vật bao nhiêu, để lực hấp dẫn tăng lên 10 lần.

5. Ở độ cao nào so với mặt đất thì gia tốc rơi tự do bằng một phần tư gia tốc rơi tự do ở mặt đất. Cho bán kính Trái Đất là R.

6. Trái Đất và Mặt Trăng hút nhau với một lực bằng bao nhiêu? Cho biết bán kính quỹ đạo của Mặt Trăng quanh Trái Đất là $R = 3{,}84.10^8$m, khối lượng Mặt Trăng $m = 7{,}35.10^{22}$kg và khối lượng Trái Đất $M = 6.10^{24}$kg.

7. Trái Đất có khối lượng 6.10^{24}kg, Mặt Trăng có khối lượng $7{,}2.10^{22}$kg. Bán kính quỹ đạo của Mặt Trăng $R = 3{,}84.10^8$m. Tại điểm nào trên đường thẳng nối tâm của chúng, vật đặt tại đó sẽ bị hút về Trái Đất và Mặt Trăng với những lực bằng nhau?

8. Khối lượng Trái Đất lớn hơn khối lượng Mặt Trăng 81 lần, bán kính Trái Đất lớn hơn bán kính Mặt Trăng 3,7 lần. Cùng một người nếu ở Mặt Trăng có thể nhảy cao hơn hay thấp hơn bao nhiêu lần so với ở trên Trái Đất.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. * Hàng ngày ta không cảm nhận được lực hấp dẫn giữa ta với các vật xung quanh như bàn, ghế, tủ ... vì một lí do lực hấp dẫn đó quá bé.

Có thể dùng một thí dụ minh họa: Khối lượng trung bình của người là 60kg, khối lượng trung bình của một chiếc tủ là 200kg. Lực hấp dẫn khi khoảng cách là 1m: $F_{hd} = G\dfrac{m_1.m_2}{r^2} = 6{,}67.10^{-11}.\dfrac{60.200}{1} = 8.10^{-8}$N

Lực này là quá nhỏ nên ta không thể cảm nhận được.

* Lực hấp dẫn giữa các vật không phụ thuộc vào bản chất của môi trường xung quanh chúng. Vì theo định luật vạn vật hấp dẫn thì lực hấp dẫn chỉ phụ thuộc vào khối lượng hai vật và khoảng cách giữa hai vật mà không hề phụ thuộc vào môi trường.

2. Lực hút giữa nam châm và chiếc đinh sắt là lực từ. Lực này có bản chất hoàn toàn khác với lực hấp dẫn.

3. Dựa vào công thức $g = \dfrac{GM}{R^2}$. Ta thấy tại cùng một nơi thì bán kính R giống nhau nên giá trị của g là như nhau.

Xét vật có khối lượng m ở độ cao h so với mặt đất. Gọi M và R lần lượt là khối lượng và bán kính Trái Đất.

Trọng lượng của vật có độ lớn bằng độ lớn của lực hấp dẫn giữa Trái Đất và vật m: $P = F_{hd} = G\dfrac{mM}{(R+h)^2}$ (1)

Từ (1) ⇒ gia tốc trọng trường $g = \dfrac{GM}{(R+h)^2}$ (2)

Theo (1) và (2) thì rõ ràng là khi h tăng thì P và g giảm.

4. Gọi R_1, R_2 là khoảng cách ban đầu và sau: $F_1 = G\dfrac{m_1.m_2}{R_1^2}$; $F_2 = G\dfrac{m_1.m_2}{R_2^2}$.

Với $F_2 = 10F_1 \Rightarrow \dfrac{F_1}{10F_1} = \left(\dfrac{R_2}{R_1}\right)^2$ hay $\dfrac{R_2}{R_1} = \dfrac{1}{\sqrt{10}} \Rightarrow R_2 = \dfrac{R_1}{\sqrt{10}}$.

Khoảng cách giữa hai vật phải giảm $\sqrt{10}$ lần.

5. Tại mặt đất, gia tốc rơi tự do là $g_o = \dfrac{GM}{R^2}$ (1)

Tại độ cao h so với mặt đất, gia tốc rơi tự do là $g_h = \dfrac{GM}{(R+h)^2}$ (2)

Từ (1) và (2) ⇒ $\dfrac{g_o}{g_h} = \dfrac{(R+h)^2}{R^2} = 4 \Rightarrow h = R$.

6. Lực hấp dẫn giữa Trái Đất và Mặt Trăng :

$$F = G\frac{m.M}{R^2} = 6{,}68.10^{-11}.\ \frac{7{,}35.10^{22}.6.10^{24}}{(3{,}84.10^8)^2} = 2.10^{20}\ \text{N}.$$

7. Gọi x là khoảng cách giữa vật và Trái Đất (trên đường nối tâm giữa Trái Đất và Mặt Trăng).

Lực hút của Trái Đất và Mặt Trăng lên vật : $F_1 = G\dfrac{M.m_o}{x^2}$; $F_2 = G\dfrac{m.m_o}{(R-x)^2}$.

Vì $F_1 = F_2 \Rightarrow \dfrac{R-x}{x} = \sqrt{\dfrac{m}{M}} = 0{,}11 \Rightarrow x = 3{,}46.10^8$m.

8. Ở Trái Đất : $g_đ = G\dfrac{M_đ.m}{R_đ^2}$; Ở Mặt Trăng: $g_T = G\dfrac{M_T.m}{R_T^2}$.

Lập tỉ số : $\dfrac{g_đ}{g_T} = \left(\dfrac{R_T}{R_đ}\right)^2.\dfrac{M_đ}{M_T} \Rightarrow \dfrac{g_đ}{g_T} \approx 6$ hay $g_T = \dfrac{1}{6}g_đ$

Gia tốc rơi tự do ở Mặt Trăng chỉ bằng $\dfrac{1}{6}$ gia tốc rơi ở Trái Đất, vì vậy ở Mặt Trăng người đó nhảy cao gấp 6 lần so với khi ở Trái Đất.

§18. CHUYỂN ĐỘNG CỦA VẬT BỊ NÉM

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Chuyển động của vật bị ném xiên

Xét vật M bị ném xiên từ một điểm O tại mặt đất theo phương hợp với phương ngang một góc α, với vận tốc ban đầu $\vec{v}_o$. Bỏ qua sức cản của không khí. Chọn hệ tọa độ xOy có gốc tại O, trục hoành Ox hướng theo phương ngang, trục tung Oy hướng theo thẳng đứng từ dưới lên trên như hình 35.

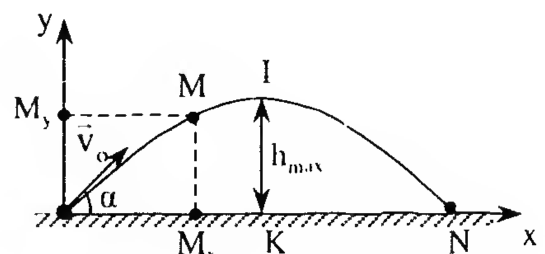
Phân tích chuyển động của M làm hai thành phần theo phương Ox và Oy tức khảo sát chuyển động của M_x và M_y tương ứng theo Ox và Oy sau đó suy ra chuyển động thật của M. Ta thu được các kết quả sau:

* Phương trình qũy đạo: $y = -\dfrac{g}{2v_o^2\cos^2\alpha}x^2 + (tg\alpha)x$.

* Tầm bay cao: $h_{max} = y_{max} = \dfrac{v_o^2\sin^2\alpha}{2g}$.

* Thời gian chuyển động: $t = \dfrac{2v_o\sin\alpha}{g}$.

* Tầm bay xa: $L = x_{max} = \dfrac{v_o^2\sin 2\alpha}{g}$.



(Hình 35)

4. Chuyển động của vật ném ngang từ độ cao h

Xét vật M bị ném theo phương ngang với vận tốc ban đầu $\vec{v}_o$ từ một điểm O ở độ cao h so với mặt đất. Bỏ qua sức cản của không khí. Chọn hệ tọa độ xOy như hình 36. Phân tích chuyển động của M làm hai thành phần theo phương Ox và Oy tức khảo sát chuyển động của M_x và M_y sau đó suy ra chuyển động thật của M. Ta thu được các kết quả sau:

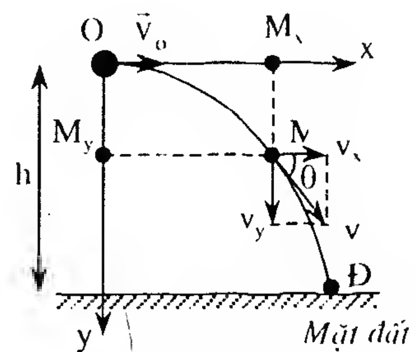
* Phương trình qũy đạo: $y = \dfrac{g}{2v_o^2}x^2$.

* Vận tốc của vật tại thời điểm t:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_o^2 + g^2t^2}.$$

Góc lệch θ của vectơ vận tốc : $tg\theta = \dfrac{v_y}{v_x} = \dfrac{gt}{v_o}$.

* Thời gian chuyển động: $t = \sqrt{\dfrac{2h}{g}}$.



(Hình 36)

* Tầm xa (L) tính theo phương ngang: $L = x_{max} = v_o\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Từ một máy bay chuyển động đều theo phương ngang, người ta thả một vật xuống đất. (Bỏ qua sức cản của không khí).

   a) Người đứng ở dưới mặt đất thấy vật có quỹ đạo như thế nào?

   b) Người ở trên máy bay thấy vật có quỹ đạo như thế nào?

   c) Khi vật rơi tới đất thì máy bay ở vị trí nào?

2. Khi luyện tập những môn như đẩy tạ, nhảy xa, em có thể vận dụng những kiến thức gì trong bài này để nâng cao thành tích của mình?

3. Hai bạn đứng trên tầng hai của một toà nhà ném hai viên sỏi ra xa theo phương ngang. Bạn thứ nhất khoẻ hơn nên ném mạnh hơn (vận tốc ban đầu lớn hơn). Hỏi viên sỏi của bạn nào sẽ chạm đất trước? Tại sao?

4. Một học sinh cho rằng chuyển động của một vật được ném theo phương thẳng đứng từ dưới lên trên thực chất là trường hợp riêng của vật bị ném xiên. Ý kiến như thế có đúng không? Hãy giải thích.

5. Một hòn bi được ném từ mặt đất, xiên với góc nghiêng 30^o so với phương ngang với vận tốc đầu 20m/s. Tìm:

   a) Độ cao cực đại của vật.

   b) Tầm bay xa.

   c) Độ lớn và hướng của vectơ vận tốc lúc cuối.

6. Một vật được ném xiên với vận tốc $\vec{v}_0$ nghiêng góc α theo phương ngang. Hãy tính α để có tầm xa nhất và chứng tỏ rằng tầm xa đạt được như nhau với góc nghiêng là α và $\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)$.

7. Một máy bay bay theo phương ngang ở độ cao 9,6km với tốc độ 720km/h. Viên phi công phải thả bom từ xa cách mục tiêu (theo phương ngang) bao nhiêu để bom rơi đúng mục tiêu? Lấy $g = 10m/s^2$.

8. Một vật được ném theo phương ngang với vận tốc 30m/s ở độ cao 80m.

   a) Viết phương trình quĩ đạo của vật.

   b) Xác định tầm bay xa của vật (tính theo phương ngang).

   c) Xác định vận tốc của vật lúc chạm đất. Bỏ qua sức cản của không khí và lấy $g = 10m/s^2$.

9. Một vật được ném ngang từ độ cao 80m. Sau khi chuyển động được 3giây, vectơ vận tốc của vật hợp với phương ngang một góc 45^o.

   a) Tính vận tốc đầu của vật.

   b) Thời gian chuyển động của vật.

   c) Tầm bay xa của vật. Lấy $g = 10m/s^2$.

10. Một vật được ném lên thẳng đứng. Vật lên cao được 15m thì rơi xuống. Tính:

    a) Vận tốc đầu v_0.

b) Thời gian vật chuyển động cho đến lúc trở về vị trí đầu.

11. Một vật được ném lên theo phương thẳng đứng từ mặt đất. Sau 4 giây vật lại rơi xuống mặt đất. Cho $g = 10m/s^2$. Tính :

a) Vận tốc ban đầu của vật.

b) Độ cao tối đa mà vật đạt được.

c) Vận tốc của vật ở độ cao bằng $\frac{3}{4}$ độ cao tối đa.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. a) Người đứng dưới mặt đất thấy quỹ đạo của vật là một nhánh parabol có đỉnh là điểm thả vật.

b) Đối với người ở trên máy bay, quỹ đạo của vật là đường thẳng đứng.

c) Nếu máy bay vẫn bay thẳng đều thì khi vật rơi tới đất, máy bay ở vị trí trên đường thẳng đứng vẽ từ điểm chạm đất của vật.

2. Khi đẩy tạ, quả tạ bay đi như một vật bị ném, khi nhảy xa, có thể coi người nhảy cũng như một vật bị ném. Cả hai trường hợp này đều cần phải làm sao cho tầm xa có giá trị lớn nhất.

Từ công thức tính tầm xa $L = x_{max} = \frac{v_o^2 \sin 2\alpha}{g}$. Ta cần vận dụng hai yếu tố sau để nâng cao thành tích:

* Vận tốc ban đầu v_o: Khi đẩy tạ cần đẩy thật mạnh, còn khi nhảy xa cần lấy đà, chạy nhanh, dậm đà mạnh, đúng kĩ thuật.

* Hướng cho vận tốc ban đầu hợp với phương nằm ngang một góc gần bằng 45^o (trên thực tế, do có sức cản của không khí mà góc ném tối ưu thường nhỏ hơn 45^o).

3. Cả hai viên sỏi chạm đất cùng một lúc. Thực vậy, thời gian chuyển động của các viên sỏi tính bởi: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$. Rõ ràng là t không phụ thuộc vào vận tốc ban đầu v_o nên cho dù ném mạnh hay yếu, hai viên sỏi đều có cùng thời gian chuyển động tức là chúng rơi đến đất cùng một lúc.

4. Chuyển động của một vật được ném theo phương thẳng đứng từ dưới lên trên thực chất là trường hợp riêng của vật bị ném xiên khi góc ném $\alpha = \frac{\pi}{2}$.

5. a) Độ cao cực đại: $y_{max} = \frac{v_o^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{20^2 \sin^2 30^o}{2.10} = 5m$.

b) Tầm bay xa: $x_{max} = \frac{v_o^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{20^2 \sin 60^o}{10} = 34{,}6m$.

c) Thời gian chuyển động: $t = \frac{2v_o \sin\alpha}{g} = \frac{2.20.\sin 30^o}{10} = 2s$.

Ta có $v_x = v_o\cos\alpha = 20.\cos30^o = 17,3m/s$;

$v_y = v_o\sin\alpha - gt = 20.\sin30^o - 10.2 = -10m/s$.

Độ lớn của vận tốc $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{17,3^2 + (-10)^2} = 20m/s$.

Góc hợp bởi hướng của vectơ vận tốc với phương ngang xác định bởi:

$$tg\varphi = \frac{v_y}{v_x} = \frac{-10}{17,3} = -\frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \varphi = -30^o.$$

6. Ta đã có công thức tính tầm xa: $x_{max} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$. Tầm xa x_{max} lớn nhất khi $\sin2\alpha$ đạt giá trị lớn nhất, tức là $2\alpha = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{4}$.

b) Ta có biểu thức tầm xa ứng với mỗi góc nghiêng là:

$$(x_{max})_1 = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad \text{và} \quad (x_{max})_2 = \frac{v_0^2 \sin 2\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)}{g}$$

vì : $\sin 2\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = \sin(\pi - 2\alpha) = \sin 2\alpha$ nên $(x_{max})_1 = (x_{max})_2$.

7. Để bom rơi đúng mục tiêu thì phi công phải ném bom từ vị trí cách mục tiêu một khoảng đúng bằng tầm ném xa (tính theo phương ngang):

$$L = x_{max} = v_o\sqrt{\frac{2h}{g}} = 200.\sqrt{\frac{2.9600}{10}} = 8763,56m.$$

8. a) Phương trình quỹ đạo : $y = \frac{1}{2}\frac{g}{v_0^2}x^2$

Thay số : $g = 10m/s^2$, $v_o = 30m/s \Rightarrow y = \frac{x^2}{180}$.

b) Thời gian vật chạm đất : $y = h = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2.80}{10}} = 4s$

Tầm xa : $x = v_o t = 30.4 = 120$ m.

c) Vận tốc khi chạm đất :

Ta có : $v^2 = v_x^2 + v_y^2 = v_0^2 + g^2t^2 = 30^2 + 10^2.4^2 = 2500 \Rightarrow v = 50$ m/s.

9. a) Vận tốc ban đầu của vật $v_o = v_x$.

Tại thời điểm t = 3s: $v_y = gt = 10.3 = 30m/s$.

Mặt khác ta biết rằng: $\text{tg}\alpha = \frac{v_y}{v_x} = \text{tg}45^\circ = 1 \Rightarrow v_o = v_x = 30\text{m/s}$.

b) Thời gian chuyển động $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2.80}{10}} = 4\text{s}$.

c) Tầm bay xa: $x_{max} = v_o t = 30.4 = 120\text{m}$.

10. a) Phương trình vận tốc của vật: $v = v_o - gt$.

Khi lên đến điểm cao nhất thì $v = 0 \Rightarrow t = \frac{v_o}{g}$ và $y = h = 15\text{m}$.

Thay vào phương trình chuyển động $y = v_o t - \frac{1}{2}gt^2$ ta được:

$$h = \frac{v_o^2}{g} - \frac{1}{2}g\frac{v_o^2}{g^2} = \frac{1}{2}\frac{v_o^2}{g} \Rightarrow v_o = \sqrt{2gh} = \sqrt{2.10.15} = 17{,}32 \text{ m/s}.$$

b) Thời gian vật chuyển động từ lúc ném đến lúc trở về vị trí ban đầu bằng 2 lần thời gian vật chuyển động lên đến điểm cao nhất:

$$t' = 2t = 2\frac{v_o}{g} = 2\frac{17{,}32}{10} = 3{,}46\text{s}.$$

11. Chọn gốc tọa độ O là ở mặt đất, trục tọa độ Oy thẳng đứng hướng lên, gốc thời gian là lúc vừa ném vật.

Gia tốc : $a = -g = -10\text{m/s}^2$.

Phương trình vận tốc: $v = v_o - gt = v_o - 10t$.

Phương trình tọa độ: $y = v_o t - \frac{1}{2}gt^2 = v_o t - 5t^2$.

a) Khi vật rơi trở lại mặt đất thì $y = 0$ và $t = 4\text{s}$.

Ta có $0 = 4v_o - 5.4^2 \Rightarrow$ vận tốc ban đầu $v_o = 20\text{m/s}$.

b) Vì thời gian chuyển động lúc đi lên và đi xuống bằng nhau và bằng 2s nên độ cao tối đa mà vật đạt được là $y_{max} = v_o t - 5t^2 = 20.2 - 5.2^2 = 20\text{m}$.

c) Độ cao bằng $\frac{3}{4}$ độ cao tối đa là giá trị $y = 15\text{m}$.

Thay $y = 15\text{m}$ vào phương trình $y = 20t - 5t^2 \Rightarrow t_1 = 1\text{s}$ và $t_2 = 3\text{s}$

Vận tốc tương ứng: $v_1 = 20 - 10t = 20 - 10 = 10\text{m/s}$.

$$v_2 = 20 - 10t = 20 - 10.3 = -10\text{m/s}.$$

Chú ý rằng, tại cùng một vị trí, khi vật đi lên và đi xuống, độ lớn của vận tốc có giá trị như nhau nhưng trái dấu.

§19. LỰC ĐÀN HỒI

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Khái niệm về lực đàn hồi

Khi một vật có tính đàn hồi bị biến dạng thì ở vật xuất hiện một lực có xu hướng làm cho nó lấy lại hình dạng và kích thước ban đầu (chống lại nguyên nhân gây ra biến dạng). Lực ấy gọi là lực đàn hồi.

2. Một vài trường hợp thường gặp

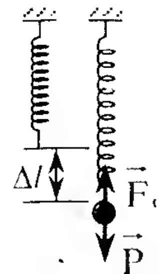
a) Lực đàn hồi ở lò xo

Khi một lò xo bị kéo hay bị nén, đều xuất hiện lực đàn hồi (hình 37). Lực này có các đặc điểm:

– Phương trùng với phương trục của lò xo.

– Chiều ngược chiều biến dạng của lò xo.

– Độ lớn: Trong giới hạn đàn hồi, độ lớn của lực đàn hồi của lò xo tỉ lệ với độ biến dạng của lò xo.



(Hình 37)

Nếu gọi Δl là độ biến dạng của lò xo, k là hệ số đàn hồi thì ta có: $F = -k\Delta l$.

Dấu "–" cho biết chiều của lực đàn hồi luôn ngược với chiều biến dạng của lò xo.

b) Lực căng dây

Khi một sợi dây bị kéo căng, nó sẽ tác dụng lên hai vật buộc ở hai đầu dây những lực căng (hình 38). Những lực này có đặc điểm:

– Điểm đặt là điểm mà đầu dây tiếp xúc với vật.

– Phương trùng với chính sợi dây.

– Chiều hướng từ hai đầu dây vào phần giữa của dây.



(Hình 38)

4. Lực kế

Dựa vào biểu thức $F = -k\Delta l$, người ta chế tạo dụng cụ đo lực gọi là lực kế.

Bộ phận chủ yếu của lực kế thường là một lò xo. Trên lực kế, ứng với mỗi vạch chia độ, người ta ghi giá trị của lực đàn hồi tương ứng.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Giải thích ý nghĩa của đại lượng k trong biểu thức $F = -k\Delta l$.

2. Hãy cho biết những đặc điểm (phương, chiều và điểm đặt) của lực đàn hồi của:

   a) Lò xo.

   b) Dây cao su, dây thép.

   c) Mặt phẳng tiếp xúc.

3. Tại sao khi buộc hàng hóa bằng dây cao su thì chắc chắn hơn so với các loại dây khác?

4. Vì sao mỗi lực kế đều có một giới hạn đo nhất định?

5. Một học sinh dùng lò xo làm thí nghiệm đã vô ý làm cho lò xo gãy đôi.

   Hỏi độ cứng của mỗi lò xo đã gãy có gì khác với độ cứng của lò xo ban đầu không? Hãy dự đoán kết quả.

6. Phải treo một vật có khối lượng bằng bao nhiêu vào một lò xo có độ cứng 120N/m để nó dãn ra 28cm. Lấy $g = 10m/s^2$.

7. Một ôtô vận tải kéo một ôtô con có khối lượng 1,5tấn chạy nhanh dần đều, sau 36s đi được 320m. Hỏi khi đó dây cáp nối hai ôtô dãn ra bao nhiêu nếu độ cứng của nó là $2,0.10^6$ N/m. Bỏ qua ma sát.

8. Một đầu tàu hỏa kéo 2 toa, mỗi toa có khối lượng 12 tấn bằng những dây cáp giống nhau. Biết rằng khi chịu tác dụng bởi lực 960N, dây cáp dãn 1,5cm. Sau khi bắt đầu chuyển động 10s, vận tốc đoàn tàu đạt 7,2km/h. Tính độ dãn của mỗi dây cáp.

9. Khi người ta treo quả cân 300g vào đầu dưới của một lò xo (đầu trên cố định), thì lò xo dài 31cm. Khi treo thêm quả cân 200g nữa thì lò xo dài 33cm. Tính chiều dài tự nhiên và độ cứng của lò xo. Lấy $g = 10m/s^2$.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Từ công thức $F = -k\Delta l$. Nếu xét nhiều lò xo có cùng độ biến dạng Δl thì lực đàn hồi có giá trị càng lớn khi lò xo có k càng lớn. Đại lượng k đặc trưng cho khả năng tạo ra lực đàn hồi của vật và được gọi là hệ số đàn hồi.

   Một cách lập luận khác: từ $F = -k\Delta l$ có thể viết $|\Delta l| = \frac{F}{k}$. Với cùng lực tác dụng như nhau nếu k càng lớn thì độ biến dạng càng nhỏ nghĩa là vật càng "cứng". Đại lượng k còn gọi là độ cứng của vật.

2. Lực đàn hồi là lực xuất hiện khi một vật có tính đàn hồi bị biến dạng thì, nó có xu hướng làm cho vật lấy lại hình dạng và kích thước ban đầu.

   a) Đối với lò xo: Lực đàn hồi xuất hiện ở hai đầu của lò xo và tác dụng vào các vật tiếp xúc (hay gắn) với nó làm nó biến dạng. Lực đàn hồi còn xuất hiện cả ở trong lò xo. Khi bị dãn, lực đàn hồi của lò xo hướng theo trục của lò xo hướng vào phía trong, còn khi bị nén lực dàn hồi của lò xo hướng theo trục của lò xo hướng ra phía ngoài.

   b) Đối với dây cao su và dây thép: Đối với dây cao su hay dây thép, lực đàn hồi chỉ xuất hiện khi bị ngoại lực kéo dãn, trong trường hợp này lực dàn hồi được gọi là lực căng. Lực căng có điểm đặt và hướng giống như lực đàn hồi của lò xo khi bị dãn.

   c) Đối với mặt tiếp xúc: Đối với các mặt tiếp xúc bị biến dạng khi ép vào nhau thì lực đàn hồi có phương vuông góc với mặt tiếp xúc.

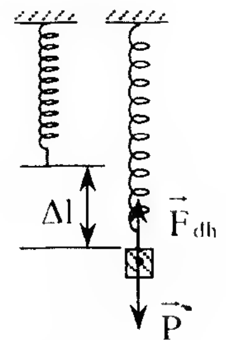
3. Vì dây cao su có tính dàn hồi, khi buộc người ta thường kéo dãn dây cho dài ra, sau khi buộc lực đàn hồi của dây luôn có tác dụng ép vật cần buộc

vào phía trong. Các loại dây khác vì ít có tính đàn hồi hoặc dễ bị dãn nên không thể buộc chặt giống như dây cao su được.

4. Bộ phận chính của lực kế là một lò xo bên trong. Mỗi lò xo đều có một giới hạn đàn hồi nhất định, nếu kéo lò xo bằng một lực lớn hơn một giới hạn nào đó thì lò xo không thể tự trở về hình dạng ban đầu được nữa, chính vì thế mà mỗi lực kế chỉ có thể đo đến một giá trị lực nhất định, quá giới hạn đó, lực kế sẽ bị hỏng.

5. Nếu lò xo gãy làm hai phần giống nhau thì độ cứng của mỗi dây tăng gấp đôi so với độ cứng của dây cáp ban đầu.

6. Khi treo vật m vào dây cáp thì dây cáp dãn ra và xuất hiện lực đàn hồi. Vật m đứng cân bằng chịu tác dụng của hai lực cân bằng đó là trọng lực P = mg và lực đàn hồi $F_{dh} = k\Delta l$ như hình 39.



(Hình 39)

Ta có : $F_{dh} = P \Rightarrow k\Delta l = mg$

Suy ra : $m = \frac{k\Delta l}{g} = \frac{120.0,28}{10} = 3,36kg$.

7. Chọn chiều dương là chiều chuyển động.

Từ $s = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow$ Gia tốc của hai ôtô: $a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2.320}{36^2} = 0,55m/s^2$.

Theo định luật II Niutơn, ngoại lực tác dụng lên ôtô con theo phương ngang là lực đàn hồi F_{dh} của dây cáp.

Do đó: $F_{dh} = ma = k\Delta l \Rightarrow \Delta l = \frac{m.a}{k} = \frac{1,5.10^3.0,55}{2.10^6} = 0,43.10^{-3}m = 0,43mm$.

8. Gia tốc chuyển động của đoàn tàu : $a = \frac{v}{t} = \frac{2}{10} = 0,2m/s^2$.

– Lực kéo của đầu máy ở dây cáp 1: $F = (m_1 + m_2)a = 24.10^3.0,2 = 4,8.10^3N$

Vì khi chịu lực kéo 640N thì dây cáp dãn 1,5cm, nên độ dãn của dây cáp khi chịu lực kéo F là $\Delta l_1 = \frac{4800.1,5}{960} = 7,5cm$.

– Lực kéo ở dây cáp 2 : $F_2 = m_2.a = 12.10^3.0,2 = 2,4.10^3N$.

Độ dãn của dây cáp 2 : $\Delta l_2 = \frac{2,4.10^3.1,5}{960} = 3,75cm$.

9. Gọi l_0 và k là chiều dài tự nhiên và độ cứng của dây cáp.

Khi treo m_1 = 300g vào lò xo, ta có $m_1g = k(l_1 - l_0)$ (1)

Khi treo thêm m_2 = 200g vào lò xo, ta có $(m_1 + m_2)g = k(l_2 - l_0)$ (2)

Giải hệ phương trình (1) và (2) ta được l_0 = 28cm và k = 100N/m.

§20. LỰC MA SÁT

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Lực ma sát nghỉ

Lực ma sát nghỉ xuất hiện khi ngoại lực có xu hướng làm cho vật chuyển động nhưng chưa đủ để thắng ma sát.

+ Giá của $\vec{F}_{msn}$ luôn nằm trong mặt tiếp xúc giữa hai vật.

+ $\vec{F}_{msn}$ ngược chiều với ngoại lực.

Lực ma sát nghỉ luôn luôn cân bằng với ngoại lực đặt vào vật, tức là có độ lớn bằng ngoại lực.

Khi ngoại lực tăng dần thì F_{msn} cũng tăng theo. Lực ma sát nghỉ chỉ tăng đến một giá trị nhất định nào đó thì vật bắt đầu trượt. Giá trị đó của lực ma sát nghỉ gọi là lực ma sát nghỉ cực đại

– Độ lớn lực ma sát nghỉ cực đại cũng tỉ lệ với độ lớn của áp lực.

– Các thí nghiệm cho thấy: $F_{msn} \le \mu_n N$. (μ_n là hệ số ma sát nghỉ).

2. Lực ma sát trượt

Lực ma sát trượt xuất hiện khi hai vật tiếp xúc nhau và trượt trên bề mặt của nhau.

Lực ma sát trượt tác dụng lên một vật luôn cùng phương và ngược chiều với vận tốc tương đối của vật ấy đối với vật kia.

Độ lớn của lực ma sát trượt không phụ thuộc vào diện tích tiếp xúc, không phụ thuộc vào tốc độ của vật mà phụ thuộc vào bản chất các mặt tiếp xúc.

Lực ma sát trượt tỉ lệ với áp lực N: $F_{ms} = \mu_t N$. (μ_t là hệ số ma sát trượt)

3. Lực ma sát lăn

Lực ma sát lăn xuất hiện khi một vật lăn trên mặt một vật khác và cản lại chuyển động lăn của vật. Lực ma sát lăn cũng tỉ lệ với áp lực N giống như lực ma sát trượt, nhưng hệ số ma sát lăn nhỏ hơn hệ số ma sát trượt hàng chục lần.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Ma sát giữa bánh xe ôtô với mặt đường là ma sát gì? Nếu:

a) Bánh xe lăn không trượt trên mặt đường.

b) Ôtô phanh đột ngột, bánh xe trượt trên mặt đường.

c) Ôtô đứng yên trên mặt dốc có độ nghiêng không lớn lắm.

2. Vì sao bôi dầu mỡ lại giảm được ma sát? Hãy tìm một số thí dụ về ma sát có ích, ma sát có hại.

3. Nhiều khi ôtô bị sa lầy, bánh xe quay tít mà xe không nhúc nhích lên được. Giải thích hiện tượng.

4. Hãy tìm hiểu tác dụng của lực ma sát trong các loại băng chuyền.

5. Hãy nêu các biện pháp làm giảm ma sát.

6. Khi nói về những tác dụng có lợi, có hại của ma sát, một học sinh nêu thí dụ sau: Đối với các bánh xe của đầu máy tàu hoả thì ma sát với đường ray là có lợi, còn đối với các bánh xe của các toa thì ma sát với đường ray là có hại. Trong thí dụ nêu trên có điểm nào chưa chính xác? Hãy giải thích.

7. Một học sinh cho rằng, lực cần thiết để kéo vật trượt đều trên sàn nhà bằng lực cần thiết để nâng vật lên cao. Nhận xét này có đúng không? Tại sao?

8. Một ôtô khối lượng 2,2tấn chuyển động thẳng đều trên đường. Hệ số ma sát lăn giữa bánh xe với mặt đường là 0,075. Tính lực ma sát lăn, từ đó suy ra lực phát động đặt vào xe.

9. Một ôtô đang chạy trên đường lát bêtông với vận tốc 72km/h thì hãm phanh. Tính quãng đường ngắn nhất mà ôtô có thể đi cho tới lúc dừng lại trong hai trường hợp:

   a) Đường khô, hệ số ma sát trượt giữa lốp xe với mặt đường là $\mu = 0,75$.

   b) Đường ướt, $\mu = 0,42$.

10. Một vật có trọng lượng 560N đang đứng yên trên sàn nhà nằm ngang. Hệ số ma sát nghỉ và hệ số ma sát trượt giữa vật và sàn nhà lần lượt là 0,62 và 0,54.

    a) Muốn cho vật dịch chuyển thì phải đẩy nó với một lực nằm ngang bằng bao nhiêu?

    b) Muốn vật chuyển động thẳng đều, lực đẩy nằm ngang (khi vật đã chuyển động ổn định) bằng bao nhiêu?

11. Một vật có khối lượng 1,5kg bắt đầu chuyển động dưới tác dụng của lực bằng 12N trong thời gian t = 2s, sau đó lực kéo mất đi. Hệ số ma sát là 0,54. Xác định quãng đường vật đã đi được từ lúc bắt đầu chuyển động đến khi dừng lại.

12. Một vật có khối lượng 0,8kg đặt trên sàn nằm ngang. Hệ số ma sát trượt giữa vật với mặt sàn là $\mu = 0,4$. Vật bắt đầu được kéo đi bằng lực 5,6N theo phương nằm ngang.

    a) Tính quãng đường vật đi được sau 4s đầu tiên.

    b) Sau 4s đó lực F ngừng tác dụng. Tính quãng đường vật còn đi tiếp cho đến khi dừng lại. Lấy $g = 10m/s^2$.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. a) Ma sát lăn.

   b) Ma sát trượt.

   c) Ma sát nghỉ.

2. * Nguyên nhân của ma sát thực chất là do bề mặt các vật xù xì, lồi lõm. Việc bôi dầu mỡ lên các bề mặt tiếp xúc sẽ làm cho hai bề mặt giảm tiếp xúc trực tiếp lên nhau mà tiếp xúc thông qua lớp dầu mỡ ở giữa, nhờ đó ma sát được giảm đáng kể.

* Thí dụ về ma sát có ích:

– Ở những đoạn đường đất, vào trời mưa đường rất trơn, người ta thường rắc cát trên mặt đường tăng ma sát, nhờ đó người, xe cộ dễ đi lại. Ma sát trong trường hợp này là có ích.

– Nhờ có ma sát mà ta có thể giữ được mọi vật trên tay.

– Nhờ có ma sát mà người, xe cộ có thể di chuyển được. Lực ma sát trong trường hợp này đóng vai trò là lực phát động.

* Thí dụ về ma sát có hại:

– Đế dép, lốp xe đạp, ôtô, xe máy bị mòn do ma sát với mặt đường.

– Các chi tiết máy khi hoạt động thường cọ xát lên nhau, ma sát giữa chúng làm mài mòn các chi tiết.

3. Khi bánh xe phát động bị sa lầy, lực ma sát do đất tác dụng lên bánh xe quá nhỏ, không đủ giữ cho điểm của bánh xe tiếp xúc với đất tạm thời đứng yên làm cho xe nhích lên được. Muốn khắc phục tình trạng này, người ta thường đổ cát, sạn hay lót ván vào chỗ lầy để tăng ma sát.

4. Nhờ có băng chuyền mà người ta có thể di chuyển các vật từ vị trí này sang vị trí khác một cách dễ dàng. Lực ma sát giữa vật và mặt băng chuyền là ma sát nghỉ.

5. Để làm giảm ma sát, có thể thực hiện theo 2 nguyên tắc: Làm giảm áp lực và làm giảm hệ số ma sát.

   Trên thực tế, thường áp lực là không đổi, người ta thực hiện giảm hệ số ma sát bằng ba biện pháp phổ biến sau: Làm nhẵn các bề mặt tiếp xúc, bôi trơn mặt tiếp xúc và thay ma sát trượt bằng ma sát lăn (dùng các ổ bi, con lăn)...

6. Lực ma sát nghỉ tác dụng lên các bánh xe ở đầu tàu đóng vai trò là lực phát động giúp tàu có thể tiến lên phía trước, ma sát nghỉ này là có lợi, nhưng ma sát lăn giữa các bánh xe này với đường ray là có hại vì nó làm mài mòn bánh xe và đường ray.

7. Nhận xét trên là không đúng.

   Giải thích: Để kéo vật lên cao thì lực kéo $F \geq P$.

   Để kéo vật trượt đều trên sàn thì $F_k = \mu N = \mu P$. Thông thường, vì $\mu < 1$ nên $F_k < P$. Từ đó thấy ngay $F_k < F$.

8. Khi ôtô chuyển động thẳng đều, lực phát động cân bằng với lực ma sát lăn. Về độ lớn: $F = F_{msl} = \mu_l N = \mu_l mg = 0,075.2,2.10^3.9,8 = 1617N$.

9. Quãng đường ngắn nhất ôtô đi được cho đến lúc dừng ứng với trường hợp bánh xe chỉ trượt trên mặt đường mà không lăn. Lực ma sát trượt tác dụng lên xe ngược chiều chuyển động.

   Chọn chiều dương là chiều chuyển động ta có:

   $-F_{mst} = -\mu mg = ma \Rightarrow$ gia tốc $a = -\mu g$.

Từ $v_t^2 - v_0^2 = 2as$ với $v_t = 0 \Rightarrow s = \frac{-v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2\mu g}$.

a) Với $\mu = 0,75$ thì $s = \frac{20^2}{2.0,75.9,8} = 27,2m$.

b) Với $\mu = 0,42$ thì $s = \frac{20^2}{2.0,42.9,8} = 88,6m$.

10. a) Muốn cho vật dịch chuyển thì phải đẩy nó với một lực theo phương nằm ngang có độ lớn lớn hơn lực ma sát nghỉ cực đại:

$$F_k > F_{msnmax} = \mu_n N = \mu_n P = 0,62.560 = 347,2N.$$

b) Muốn vật chuyển động thẳng đều, lực đẩy nằm ngang phải có độ lớn bằng độ lớn của lực ma sát trượt: $F_k = F_{ms} = \mu_t N = \mu_t P = 0,54.560 = 302,4N$.

11. Áp dụng định luật II Niutơn: $F_K - F_{ms} = ma_1$

$$\Rightarrow a_1 = \frac{F_K - F_{ms}}{m} = \frac{F_K - k.mg}{m} = \frac{12 - 0,54.1,5.10}{1,5} = 2,6m/s^2.$$

Quãng đường vật đi trong 2s đầu tiên: $s_1 = \frac{1}{2}a_1t_1^2 = \frac{1}{2}.2,6.2^2 = 5,2m$.

Khi lực kéo mất đi, vật chuyển động chậm dần đều. Theo định luật II Niutơn thì: $-F_{ms} = ma_2 \Rightarrow a_2 = -kg = -0,54.10 = -5,4m/s^2$.

Vận tốc vật đạt được sau khi đi quãng đường s_1: $v = a_1t_1 = 2,6.2 = 5,2m/s$.

Quãng đường vật chuyển động chậm dần đều: $s_2 = -\frac{v^2}{2a_2} = \frac{5,2^2}{2.5,4} = 2,5m$

Quãng đường tổng cộng: $s = s_1 + s_2 = 5,2 + 2,5 = 7,7m$.

12. Theo phương ngang, vật chịu tác dụng của 2 lực: Lực kéo và lực ma sát trượt. Chọn chiều dương là chiều chuyển động, ta có: $F - F_{ms} = ma$.

Gia tốc $a = \frac{F - \mu mg}{m} = \frac{5,6 - 0,4.0,8.10}{0,8} = 3m/s^2$.

a) Quãng đường vật đi được sau 4s: $s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}.3.4^2 = 24m$.

b) Sau khi lực $\vec{F}$ ngừng tác dụng, vật chỉ còn chuyển động dưới tác dụng của lực ma sát trượt, gia tốc của vật $a' = -\mu g = -0,4.10 = -4m/s^2$.

Vận tốc của vật ở cuối giây thứ hai: $v' = at = 3.4 = 12m/s$.

Quãng đường đi được cho đến khi dừng $s' = \frac{v'^2}{2a'} = \frac{12^2}{2.4} = 18m$.

§21-22. HỆ QUY CHIẾU CÓ GIA TỐC. LỰC HƯỚNG TÂM VÀ QUÁN TÍNH LI TÂM. HIỆN TƯỢNG TĂNG, GIẢM TRỌNG LƯỢNG

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Hệ quy chiếu có gia tốc

Hệ quy chiếu gắn với mặt đất (xem là đứng yên) gọi là hệ quy chiếu quán tính.

Hệ quy chiếu gắn trên vật chuyển động thẳng có gia tốc so với hệ quy chiếu quán tính gọi là hệ quy chiếu phi quán tính. Trong hệ quy chiếu này, các định luật Niutơn không nghiệm đúng nữa.

2. Lực quán tính

Trong hệ quy chiếu chuyển động với gia tốc $\vec{a}$ so với hệ quy chiếu quán tính, các hiện tượng cơ học xảy ra giống như là mỗi vật có khối lượng m chịu thêm một lực gọi là lực quán tính: $\vec{F}_q = -m\vec{a}$

3. Lực hướng tâm và lực quán tính li tâm

a) Lực hướng tâm

Trong hệ quy chiếu quán tính, khi vật chuyển động tròn đều, hợp lực của tất cả các lực tác dụng lên vật gọi là lực hướng tâm. Chính lực này gây ra gia tốc hướng tâm cho vật: $F_{ht} = ma_{ht} = \dfrac{mv^2}{r} = m\omega^2 r$.

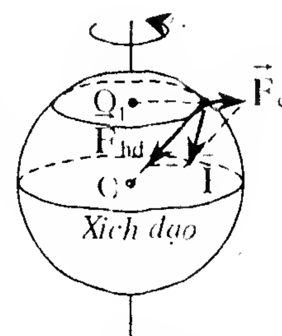
b) Lực quán tính li tâm

Trong hệ quy chiếu gắn với vật quay đều, ngoài các lực do các vật khác gây ra, mỗi vât còn chịu thêm một lực gọi là lực quán tính li tâm, lực này ngược chiều với lực hướng tâm và có độ lớn bằng lực hướng tâm:

$$\vec{F}_q = -\vec{F}_{ht} = -m\vec{a}_{ht}\text{. Về độ lớn: } F_q = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r\ .$$

4. Hiện tượng tăng, giảm và mất trọng lượng

a) Khái niệm về trọng lực



(Hình 40)

Trọng lực là hợp lực của lực hấp dẫn tác dụng lên một vật và lực quán tính li tâm mà vật phải chịu do sự tự quay của Trái Đất: $\vec{P} = \vec{F}_{hd} + \vec{F}_q$.

$\vec{F}_q$ hướng theo bán kính của vòng tròn vĩ tuyến và có độ lớn: $F_q = m\omega^2 r = m\omega^2 R\cos\varphi$. Trong đó R là bán kính Trái Đất, r là bán kính của vòng tròn vĩ tuyến, φ là vĩ độ nơi đặt vật. (hình 40)

b) Khái niệm trọng lượng

Trọng lượng của một vật trong hệ quy chiếu mà vật đứng yên là hợp lực của các lực hấp dẫn và quán tính tác dụng lên vật: $\vec{P} = \vec{F}_{hd} + \vec{F}_{qt}$.

Trong trường hợp vật đứng yên trên mặt đất thì trọng lượng của một vật cũng chính là trọng lực của nó.

c) Hiện tượng tăng, giảm và mất trọng lượng

- Khi một người ở trong buồng thang máy đang chuyển động với gia tốc $\vec{a}$ hướng lên trên thì lực $\vec{F}_{qt}$ hướng xuống dưới. Trọng lượng của người đó có giá trị: $P = F_{hd} + F_{qt} = m(g + a) > mg$. Đó là hiện tượng tăng trọng lượng.

- Khi một người ở trong buồng thang máy đang chuyển động với gia tốc $\vec{a}$ hướng xuống dưới thì lực $\vec{F}_{qt}$ hướng lên trên. Trọng lượng của người đó có giá trị: $P = F_{hd} - F_{qt} = m(g - a) < mg$. Đó là hiện tượng giảm trọng lượng.

- Đặc biệt nếu $a = g$ thì $P = 0$. Đó là hiện tượng mất trọng lượng.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Một chiếc xe ôtô chuyển động trên đường nằm ngang với gia tốc $\vec{a}$.

a) Trong hệ quy chiếu gắn với xe, định luật I Niutơn có còn được nghiệm đúng không?

b) So với hệ quy chiếu quán tính thì trong hệ quy chiếu gắn với xe có xuất hiện lực gì đặc biệt? Lực đó có đặc điểm gì?

2. Khi ôtô tăng tốc, các hành khách bị ngả người ra phía sau. Khi ôtô giảm tốc độ, hành khách bị chúi người về phía trước.

Hãy giải thích hai hiện tượng trên bằng kiến thức về lực quán tính.

3. Khi ôtô chạy qua đoạn đường vòng, các hành khách bị xô nghiêng sang bên cạnh. Hãy giải thích hiện tượng bằng kiến thức về lực quán tính li tâm.

4. Hãy tưởng tượng nếu lực hấp dẫn giữa Trái Đất và Mặt Trăng đột ngột biến mất thì Mặt Trăng sẽ chuyển động ra sao ngay sau đó?

5. Hãy sử dụng lực quán tính li tâm để giải thích các hiện tượng sau đây:

a) Cho rau đã rửa vào rổ rồi vảy một lúc thì rau ráo nước.

b) Trong trò chơi "ngựa gỗ chạy vòng quanh", các cô phụ trách có thể đứng nghiêng trên sàn quay một cách dễ dàng mà không bị ngã.

c) Thùng giặt quần áo của máy giặt có nhiều lỗ thủng nhỏ ở xung quanh. Ở công đoạn vắt nước, van xả nước mở ra và thùng quay nhanh độ hơn một phút thì quần áo gần khô.

6. Một vệ tinh nhân tạo bay quanh Trái Đất ở độ cao h bằng bán kính R của Trái Đất. Cho R = 6400km và lấy $g = 10m/s^2$. Hãy tính vận tốc dài và chu kì quay của vệ tinh.

7. Một vật đặt ở mép một chiếc bàn quay. Phải quay bàn với tần số lớn nhất là bao nhiêu để vật không bị văng ra khỏi bàn? Biết mặt bàn hình tròn bán kính 1,5m. Lấy $g = 10m/s^2$. Hệ số ma sát nghỉ giữa vật và mặt bàn là 0,38.

8. Vệ tinh nhân tạo địa tĩnh là vệ tinh được coi là đứng yên đối với mặt đất. Hãy xác định vị trí của mặt phẳng quĩ đạo, độ cao và vận tốc của vệ tinh.

9. Một ôtô có khối lượng 1800kg chuyển động đều qua một đoạn cầu vượt (coi là cung tròn) với vận tốc 54km/h. Tính áp lực của ôtô vào mặt đường tại điểm cao nhất. Biết bán kính cong của đoạn cầu vượt là 80m. Hãy so sánh kết quả tìm được với trọng lượng của xe và rút ra nhận xét.

   Lấy $g = 10m/s^2$.

10. Người ta treo một con lắc trong một toa tàu. Biết tàu chuyển động ngang với gia tốc a và dây treo con lắc nghiêng góc $\alpha = 15^o$ so với phương thẳng đứng. Tính gia tốc của tàu.

11. Một vật có khối lượng 14kg được treo vào một sợi dây chịu được lực căng đến 140N. Nếu cầm dây mà kéo vật chuyển động lên cao với gia tốc $0,44m/s^2$ thì dây có bị đứt không? Lấy $g = 9,8\ m/s^2$.

12. Trong một thang máy có đặt một lực kế bàn. Một người có khối lượng 72kg đứng trên bàn của lực kế. Hỏi lực kế chỉ bao nhiêu nếu:

   a) Thang máy đứng yên. Lấy $g = 10m/s^2$.

   b) Thang máy đi xuống nhanh dần đều với gia tốc $a = 0,25m/s^2$.

   c) Thang máy đi xuống chậm dần đều với gia tốc $a = 0,25m/s^2$.

13. Chứng minh rằng hiện tượng mất trọng lượng xảy ra trong những con tàu vũ trụ chỉ chịu tác dụng của lực hấp dẫn của các thiên thể (ngoài ra không có lực nào khác tác dụng).

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. a) Vì hệ quy chiếu gắn với xe là hệ quy chiếu phi quán tính nên định luật I Niutơn không còn nghiệm đúng.

   b) Trong hệ quy chiếu phi quán tính, ngoài những lực thông thường đã biết vật còn chịu tác dụng của lực quán tính. Lực quán tính vẫn tạo gia tốc cho vật nhưng lực quán tính không phải là lực tương tác giữa các vật nên nó không có phản lực.

2. Nếu chọn hệ quy chiếu gắn với xe thì ngoài những lực thông thường tác dụng lên hành khách như trọng lực, phản lực, thì khi xe chuyển động có gia tốc, hành khách còn chịu thêm lực quán tính $\vec{F}_q = -m\vec{a}$.

   – Khi xe tăng tốc, gia tốc $\vec{a}$ hướng tới phía trước còn lực quán tính $\vec{F}_q$ hướng ngược lại ra phía sau.

   – Khi xe giảm tốc độ, gia tốc $\vec{a}$ hướng ra phía sau còn lực quán tính $\vec{F}_q$ hướng ngược lại tới phía trước.

Chính các lực quán tính này đã làm cho hành khách bị ngả người ra sau (khi xe tăng tốc) hoặc bị chúi người tới phía trước (khi xe giảm tốc độ).

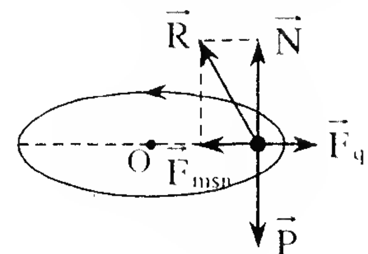
3. Nếu chọn hệ quy chiếu gắn với xe thì ngoài những lực thông thường tác dụng lên hành khách như trọng lực, phản lực, thì khi xe chuyển động qua đoạn đường vòng còn có lực quán tính li tâm hướng ra xa tâm của đoạn đường làm cho hành khách bị xô sang bên cạnh.

4. Mặt Trăng sẽ bị "văng" ra theo phương tiếp tuyến với quỹ đạo của nó.

5. a) Chọn hệ quy chiếu gắn với rổ rau thì khi vảy rau và nước bám trên rau đều chịu lực quán tính li tâm có xu hướng làm chúng văng ra. Rau được giữ lại nhờ chiếc rổ còn nước có thể chui qua các lỗ của rổ mà văng ra ngoài.

b) Chọn hệ quy chiếu gắn với bàn quay, các lực tác dụng lên người khi đứng trên bàn quay gồm:

Trọng lực $\vec{P}$, phản lực pháp tuyến $\vec{N}$, lực ma sát nghỉ $\vec{F}_{msn}$ và lực quán tính li tâm $\vec{F}_q$. Các lực này được biểu diễn trên hình 41.



Người đứng cân bằng nên: $\vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_{msn} + \vec{F}_q = \vec{0}$.

(Hình 41)

Trên hình vẽ ta thấy phản lực của bàn tác dụng lên người $\vec{R} = \vec{N} + \vec{F}_{msn}$ có hướng nghiêng so với phương thẳng đứng. Nếu người đứng nghiêng theo phương này thì thân người sẽ tác dụng vào bàn một áp lực $\vec{R}'$ trực đối với $\vec{R}$ và như thế trạng thái cân bằng của người sẽ ổn định hơn khi bàn quay.

c) Chọn hệ quy chiếu gắn với thùng thì khi thùng quay nước bám trên quần áo đều chịu lực quán tính li tâm có xu hướng làm chúng văng ra. Quần áo được giữ lại nhờ thành của thùng còn nước có thể chui qua các lỗ mà văng ra ngoài.

6. Gọi m, M là khối lượng của vệ tinh và của Trái Đất. Khi vệ tinh bay ở độ cao h, lực hấp dẫn giữa Trái Đất và vệ tinh là: $F_{hd} = G\dfrac{M.m}{(2R)^2}$.

Lực hấp dẫn đóng vai trò là lực hướng tâm: $F_{hd} = G\dfrac{M.m}{(2R)^2} = \dfrac{mv^2}{2R}$.

Tại mặt đất thì $g = G\dfrac{M}{R^2}$ nên $v = \sqrt{\dfrac{gR}{2}} = \sqrt{\dfrac{10.6400000}{2}} = 5656{,}8$m/s.

* Chu kì quay: $T = \dfrac{2\pi(R+h)}{v} = \dfrac{2.3{,}14.2.6400000}{5656{,}8} = 14210{,}15s \approx 4$giờ.

7. Để vật không bị văng ra khỏi bàn thì lực hướng tâm phải có giá trị bằng lực ma sát nghỉ: $F_{ht} = F_{msn}$ hay $\mu_o mg = mr\omega^2 = 4mr\pi^2n^2$.

Tần số vòng lớn nhất ứng với lực ma sát nghỉ cực đại:

$$\Rightarrow n_{max} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\mu g}{r}} = \frac{1}{2.3,14}\sqrt{\frac{0,38.10}{1,5}} = 0,25 \text{vòng/giây}.$$

8. Mỗi điểm trên mặt đất sẽ chuyển động tròn đều quanh trục của Trái Đất. Vệ tinh nhân tạo đứng yên đối với mặt đất sẽ phải quay trong một mặt phẳng song song với quĩ đạo các điểm trên mặt đất và cùng vận tốc góc với chúng.

Mặt khác, lực hướng tâm gây nên chuyển động tròn của vệ tinh chính là lực hấp dẫn của Trái Đất. Lực này hướng vào tâm Trái Đất. Tâm của quĩ đạo vệ tinh chính là tâm Trái Đất. Từ hai nhận xét trên, ta suy ra mặt phẳng quĩ đạo của vệ tinh chính là mặt phẳng xích đạo.

Lực hấp dẫn của Trái Đất với vệ tinh chính là lực hướng tâm giữ cho vệ tinh chuyển động tròn đều quanh Trái Đất. Gọi r là khoảng cách từ tâm Trái Đất đến vệ tinh, T là chu kì quay của Trái Đất và cũng là của vệ tinh.

Ta có: $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r} \Leftrightarrow \frac{GMm}{r^2} = m\frac{\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r} \Rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{GM}{4\pi^2}T^2}$

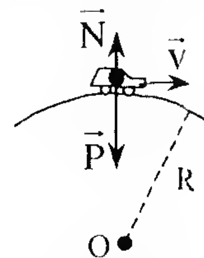
Trong đó $M = 6.10^{24}$kg là khối lượng Trái Đất; T là chu kì quay của vệ tinh, bằng 24 giờ. Thay số ta được:

* Khoảng cách từ vệ tinh đến tâm Trái Đất:

$$r = \sqrt[3]{\frac{6,68.10^{-11} \times 6.10^{24}}{4\pi^2}(24.3600)^2} \approx 42400\text{km}.$$

* Vận tốc của vệ tinh : $v = \frac{2\pi r}{T} \approx \frac{2\pi.42400}{24.3600} \approx 3,1\text{km/h}.$

9. Khi ô tô chuyển động qua cầu, ôtô chịu tác dụng của hai lực: Trọng lực $\vec{P}$ và phản lực $\vec{N}$ do mặt cầu tác dụng lên ôtô như hình 42. Hợp lực của hai lực này đóng vai trò là lực hướng tâm: $\vec{P} + \vec{N} = m\vec{a}_{ht}$.



(Hình 42)

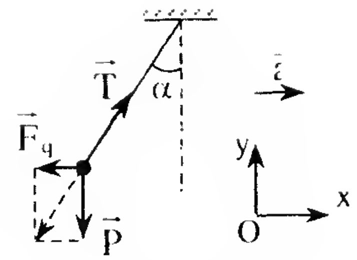
Chọn chiều dương hướng vào tâm (hướng xuống) ta có: $P - N = m\frac{v^2}{R} \Rightarrow N = m(g - \frac{v^2}{R})$

Thay số: $N = 1800(10 - \frac{15^2}{80}) = 12937,5\text{N}.$

So sánh: áp lực $F = N = 12937,5\text{N} < P = 18000\text{N}.$

Nhận xét: Khi ôtô chuyển động trên cầu cong (vồng lên) áp lực của ôtô xuống mặt cầu nhỏ hơn so với trọng lượng của nó.

10. Chọn hệ qui chiếu gắn với toa tàu. (Hình 43)



(Hình 43)

Lực tác dụng lên con lắc : trọng lực $\vec{P}$, lực căng của dây $\vec{T}$, lực quán tính $\vec{F}_q$ (độ lớn $F_q = ma$).

Con lắc đứng yên nên: $\vec{P} + \vec{T} + \vec{F}_q = \vec{0}$ (*)

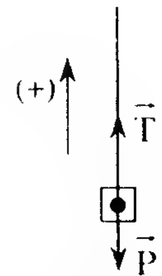
Chiếu (*) lên Ox : $T\sin\alpha - F_q = 0$

Chiếu (*) lên Oy : $T\cos\alpha - P = 0$

Suy ra : $T\sin\alpha = ma$ và $T\cos\alpha = mg$

Lập tỉ số ta được: $\frac{a}{g} = tg\alpha \Rightarrow a = g.tg\alpha \approx 2{,}6m/s^2$.

11. Chọn chiều dương hướng lên trên. Các lực tác dụng lên vật gồm trọng lực $\vec{P}$ và sức căng $\vec{T}$ của sợi dây. (Xem hình 44).



(Hình 44)

Định luật II Niutơn: $\vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}$ (*)

Chiếu (*) lên chiều dương : $-P + T = ma$

$\Rightarrow T = P + ma = m(g + a)$

Thay số ta được: $T = 14(9{,}8 + 0{,}44) = 143{,}36N$.

Sức căng của dây khi vật chuyển động lớn hơn 140N nên dây bị đứt.

12. a) Khi thang máy đứng yên, lực kế chỉ trọng lượng thật của người:

$$F_{lk} = P = mg = 72.10 = 720N$$

b) Khi thang máy đi xuống nhanh dần đều:

$$F_{lk} = m(g - a) = 72(10 - 0{,}25) = 702N$$

c) Khi thang máy đi xuống chậm dần đều đều:

$$F_{lk} = m(g + a) = 72(10 + 0{,}25) = 738N$$

13. Gọi $\vec{F}_{hd}$ là lực hấp dẫn của các thiên thể tác dụng lên con tàu, lực này gây ra cho con tàu và mọi vật trong con tàu một gia tốc $\vec{a}$. Gọi m là khối lượng của một vật nào đó trong con tàu, ta có: $\vec{a} = \frac{\vec{F}_{hd}}{m}$.

Vật trong con tàu chịu tác dụng của một lực quán tính $\vec{F}_{qt} = -m\vec{a}$.

Trọng lượng của vật trong con tàu $\vec{P} = \vec{F}_{hd} + \vec{F}_{qt} = m\vec{a} - m\vec{a} = \vec{0}$.

Điều đó có nghĩa là khi hiện tượng mất trọng lượng xảy ra trong những con tàu vũ trụ thì con tàu chỉ chịu tác dụng của lực hấp dẫn của các thiên thể, ngoài ra không có lực nào khác tác dụng.

§23-24. CHUYỂN ĐỘNG CỦA HỆ VẬT. BÀI TẬP

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

Hệ vật là một tập hợp hai hay nhiều vật mà giữa chúng có tương tác.

- Lực tương tác giữa các vật trong hệ gọi là nội lực.
- Lực do các vật ở ngoài hệ tác dụng lên các vật trong hệ gọi là ngoại lực.
- Trong trường hợp các vật trong hệ chuyển động với cùng gia tốc thì ta có

công thức sau: $\vec{a}_{hệ} = \dfrac{\sum \vec{F}}{\sum m}$ trong đó $\sum \vec{F}$ là hợp lực của các ngoại lực, $\sum m$ là tổng khối lượng các vật trong hệ.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Ôtô A kéo ôtô B nhờ một dây xích, lực căng của dây xích là nội lực. Một học sinh lập luận rằng: Vì lực căng của dây xích là nội lực nên không gây gia tốc cho hệ, nghĩa là không gây gia tốc cho xe B, tức xe B vẫn phải đứng yên. Trên thực tế, xe B vẫn chuyển động theo xe A. Sai lầm trong cách lập luận ở đây là gì? Hãy giải thích.

2. Nếu bất thình lình, cho đầu máy tàu hoả chuyển bánh với gia tốc lớn thì chỗ nối các toa có thể bị đứt. Nếu thế thì chỗ nối toa nào dễ đứt nhất? (coi móc nối các toa tàu là giống nhau)

3. Một vật khối lượng 6kg trượt từ đỉnh mặt phẳng có góc nghiêng 30^o so với phương ngang. Hệ số ma sát trượt giữa vật và mặt phẳng nghiêng là 0,4.

a) Tính gia tốc của vật.

b) Để giữ cho vật không trượt xuống, người ta tác dụng lên vật lực $\vec{F}$ song song với mặt phẳng nghiêng. Tính F. Lấy $g = 10m/s^2$.

4. Một vật trượt không ma sát từ đỉnh một mặt phẳng nghiêng có chiều dài 12m, chiều cao 6m. Lấy $g = 10m/s^2$.

a) Tính gia tốc chuyển động của vật trên mặt phẳng nghiêng.

b) Khi xuống hết mặt phẳng nghiêng, vật tiếp tục chuyển động trên mặt phẳng ngang, hệ số ma sát k = 0,32. Tính gia tốc chuyển động của vật và thời gian từ lúc bắt đầu chuyển động trên mặt ngang đến khi dừng lại

5. Một xe ca có khối lượng 1400kg được dùng để kéo một xe moóc có khối lượng 380kg. Cả hai xe cùng chuyển động với gia tốc $2,4m/s^2$. Hãy xác định:

a) Hợp lực tác dụng lên xe ca.

b) Hợp lực tác dụng lên xe moóc.

c) Lực căng của dây cáp nối hai xe. Bỏ qua ma sát.

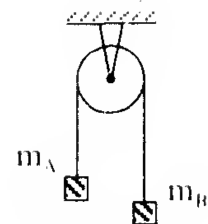
6. Người ta vắt qua một chiếc ròng rọc nhẹ một sợi dây, ở hai đầu có treo hai quả cân A và B có khối lượng là $m_A = 350g$ và $m_B = 250g$ như hình 45.

Thả cho hệ bắt đầu chuyển động. Hãy tính:

a) Vận tốc của mỗi quả cân ở cuối giây thứ nhất.

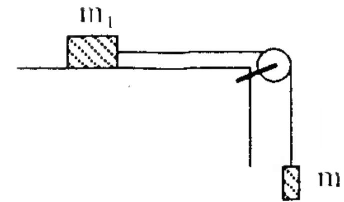
b) Quãng đường mà mỗi quả cân đi được trong giây thứ nhất.

Bỏ qua ma sát ở ròng rọc, coi dây không dãn.



(Hình 45)

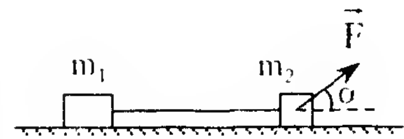
7. Một hệ vật được bố trí như hình vẽ 46. Biết khối lượng các vật m_1 = 5kg, m_2 = 3kg, dây nối có khối lượng không đáng kể, hệ số ma sát giữa vật m_1 và mặt phẳng ngang là k = 0,2. Thả cho hệ chuyển động tự do. Xác định gia tốc và vận tốc của hệ sau 2s chuyển động. Lấy g = 10m/s^2.



(Hình 46)

8. Cho một hệ gồm 2 vật m_1 và m_2 nối với nhau bởi một sợi dây mảnh không dãn như hình vẽ 47. Tác dụng lực F lên vật m_2 theo phương hợp với phương ngang góc $\alpha = 30^0$.

Biết F = 60N, m_1 = 4kg, m_2 = 6kg, hệ số ma sát của 2 vật đối với mặt phẳng ngang là k = 0,5. Lấy g = 10 m/s^2. Tính gia tốc của hệ vật và sức căng dây nối.



(Hình 47)

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Sai lầm ở đây là coi lực căng là nội lực đối với xe B. Nếu chỉ xét chuyển động của xe B thì lực căng chính là ngoại lực, nhờ đó mà xe B mới có thể thu gia tốc.

2. Móc nối của các toa có một giới hạn về độ bền nhất định, nếu đầu máy xe lửa bất ngờ chuyển động các móc nối đều chịu lực căng, tuy nhiên các lực căng này không giống nhau. Theo kết quả bài 4 thì móc nối giữa đầu tàu với toa tàu đầu tiên chịu lực căng lớn nhất. Nên nếu bị đứt thì móc này sẽ đứt trước.

3. a) Chọn chiều dương là chiều chuyển động của vật.

Gia tốc $a = g(\sin\alpha - k\cos\alpha)$. Thay số: $a = 6(\frac{1}{2} - 0,4\frac{\sqrt{3}}{2}) = 0,92\text{m/s}^2$.

b) Khi vật trượt xuống mặt phẳng nghiêng thì hợp lực tác dụng lên vật là:

$$F = ma = 6.0,92 = 5,52\text{N}.$$

Để giữ cho vật đứng yên trên mặt phẳng nghiêng cần tác dụng lực F' có độ lớn bằng và ngược chiều với F nghĩa là $F' = 5,52$ N.

4. a) Dùng định luật II Niutơn suy ra gia tốc $a = g\sin\alpha$.

Với $\sin\alpha = \frac{h}{l} = \frac{5}{10} = 0,5$. Thay số ta được $a = 5\text{m/s}^2$.

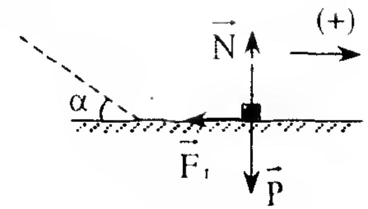
b) Khi vật chuyển động trên mặt ngang.

Lực tác dụng lên vật: $\vec{P}, \vec{N}, \vec{F}_{ms}$ biểu diễn như hình vẽ 48.

Định luật II Niutơn: $\vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_{ms} = m.\vec{a}'$

Chiếu lên phương chuyển động: $-F_{ms} = m.a'$

$\Rightarrow a' = -kg = -0,32.10 = -3,2m/s^2$.



(Hình 48)

Vận tốc khi vật xuống hết mặt nghiêng:

$v_B = \sqrt{2a\ell} = \sqrt{2.5.12} = 10,9m/s$

Thời gian vật chuyển động trên mặt ngang: $t = \dfrac{0 - 10,9}{-3,2} = 3,4s$.

5. a) Hợp lực tác dụng lên xe ca: $F_1 = m_1a = 1400.2,4 = 3360N$.

b) Hợp lực tác dụng lên xe moóc: $F_2 = m_2a = 380.2,4 = 912N$.

c) Nếu bỏ qua ma sát thì lực căng của dây cáp nối hai xe bằng dúng độ lớn của F_2, tức $T = F_2 = 912N$.

6. Nếu xét hệ là hai vật thì các lực căng dây là nội lực.

Chọn chiều dương là chiều chuyển động của mỗi vật.

Gia tốc của hệ: $a = \dfrac{P_A - P_B}{m_A + m_B} = \dfrac{m_A - m_B}{m_A + m_B} g$.

Thay số: $a = \dfrac{0,35 - 0,25}{0,35 + 0,25}.9,8 = 1,63m/s^2$.

a) Vận tốc của mỗi quả cân ở cuối giây thứ nhất: $v = at = 1,63.1 = 1,63m/s$.

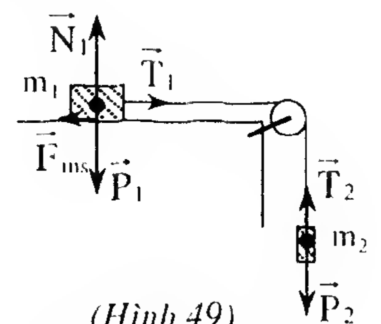
b) Quãng dường : $s = \dfrac{1}{2}at^2 = \dfrac{1}{2}.1,63.1^2 = 0,815m$.

7. Các lực tác dụng lên m_1 và m_2 được biểu diễn như hình 49.

Viết định luật II Niutơn cho từng vật, chiếu lên chiều dương là chiều chuyển động, chú ý các vật có cùng gia tốc a, lực căng dây tại mọi điểm bằng nhau thu dược :

Gia tốc: $a = \dfrac{m_2g - km_1g}{m_1 + m_2} = 2,5\ m/s^2$.

Vận tốc: $v = at = 5m/s$.



(Hình 49)

8. Áp dụng định luật II Niutơn cho hệ vật, thu được biểu thức của gia tốc:

$$a = \frac{F(\cos\alpha + k\sin\alpha) - kg(m_1 + m_2)}{m_1 + m_2}$$

Thay số ta được: $a = 1,69\ m/s^2$.

Xét vật m_1 : Lực căng dây $T = m_1(a + kg) = 26,76\ N$.

Chương 3. TĨNH HỌC VẬT RẮN

§26-27. CÂN BẰNG CỦA VẬT RẮN DƯỚI TÁC DỤNG CỦA HAI LỰC VÀ CỦA BA LỰC KHÔNG SONG SONG. TRỌNG TÂM

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Điều kiện cân bằng của vật rắn dưới tác dụng của hai lực

Muốn cho một vật rắn chịu tác dụng của hai lực ở trạng thái cân bằng thì hai lực đó phải trực đối: $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$

2. Trọng tâm của vật rắn

Trọng tâm của vật rắn trùng với điểm đặt của trọng lực tác dụng lên vật.

3. Cân bằng của vật treo ở đầu dây

Khi vật rắn được treo ở đầu dây mềm và ở trạng thái cân bằng thì lực căng của sợi dây và trọng lực của vật là hai lực trực đối.

4. Xác định trọng tâm của một vật phẳng, mỏng

– Trường hợp vật phẳng, mỏng có dạng hình học xác định thì trọng tâm trùng với tâm hình học của vật.

– Trường hợp vật phẳng, mỏng có dạng bất kì, có thể xác định bằng thực nghiệm: Treo vật 2 lần bằng dây mảnh với các điểm buộc dây khác nhau, trọng tâm của vật là giao điểm của 2 đường thẳng vẽ trên vật, chứa dây treo trong hai lần treo đó.

5. Cân bằng của vật rắn trên giá đỡ nằm ngang

Khi vật nằm trên giá đỡ nằm ngang thì trọng lực của vật và phản lực của giá đỡ tác dụng lên vật là hai lực trực đối.

* Nếu vật rắn tiếp xúc với giá đỡ ở nhiều diện tích tách rời nhau thì mặt chân đế là hình đa giác lồi nhỏ nhất chứa tất cả các diện tích tiếp xúc.

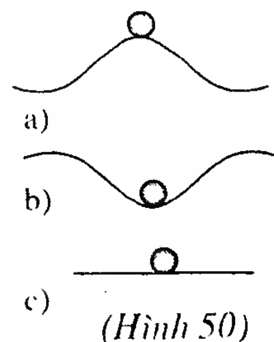
* Điều kiện cân bằng của vật rắn có mặt chân đế là đường thẳng đứng đi qua trọng tâm của vật gặp mặt chân đế.

6. Các dạng cân bằng

– Khi vật bị lệch ra khỏi vị trí cân bằng mà vật không thể tự trở về vị trí cân bằng ban đầu được thì cân bằng như vậy gọi là cân bằng không bền. (hình 50a)

– Khi vật bị lệch ra khỏi vị trí cân bằng mà vật có thể tự trở về vị trí cân bằng ban đầu được thì cân bằng như vậy gọi là cân bằng bền. (hình 50b)

– Khi vật bị lệch ra khỏi vị trí cân bằng, sau đó nó thiết lập ngay một vị trí cân bằng mới thì cân bằng như vậy gọi là cân bằng phiếm định. (hình 50c).



(Hình 50)

7. Quy tắc tổng hợp hai lực đồng quy

Muốn tổng hợp hai lực có giá đồng quy, trước hết ta phải trượt hai lực đó trên giá của chúng đến điểm đồng quy rồi áp dụng quy tắc hình bình hành để tìm hợp lực.

8. Điều kiện cân bằng của một vật rắn dưới tác dụng của ba lực không song song

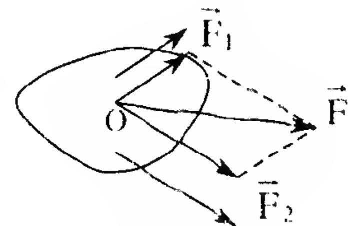
Muốn cho một vật chịu tác dụng của ba lực $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$, $\vec{F_3}$ không song song ở trạng thái cân bằng thì:

– Ba lực phải có giá đồng phẳng và đồng quy.

– Hợp lực của hai lực phải cân bằng với lực thứ ba: $\vec{F_1} + \vec{F_2} = -\vec{F_3}$.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Vì sao nói lực tác dụng lên vật rắn là một vectơ trượt.
2. Có phải hai lực bất kì tác dụng lên một vật rắn thì ta luôn tìm thấy hợp lực?
3. Một học sinh cho rằng: Có thể thay thế lực $\vec{F}$ tác dụng lên một vật rắn bằng lực $\vec{F'}$ song song, cùng chiều, cùng độ lớn với $\vec{F}$. Theo em, nói như thế có chính xác không? Tại sao?
4. Một vật rắn chịu tác dụng của hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$, một học sinh đã tìm hợp lực của chúng tác dụng lên vật bằng cách tịnh tiến các lực đến điểm O (trọng tâm của vật) sau đó áp dụng quy tắc hình bình hành như hình 51. Theo em, cách làm như thế có đúng không? Tại sao?



(Hình 51)

5. Trọng tâm của một vật là gì? Trình bày phương pháp xác định trọng tâm của vật phẳng, mỏng bằng thực nghiệm.
6. Thông thường, trọng tâm của vật rắn thường nằm trong phần vật chất của vật rắn đó. Tuy nhiên có những trường hợp trọng tâm của vật rắn lại không nằm trong phần vật chất của vật rắn đó, chẳng hạn như chiếc vành xe đạp có trọng tâm G là tâm của vành (không nằm trên vành). Hãy giải thích tại sao có thể như thế được?
7. Có gì khác nhau giữa điều kiện cân bằng của chất điểm và của vật rắn dưới tác dụng của ba lực không song song?
8. Một vật hình khối hộp đặt trên mặt bàn nằm ngang theo hai cách như hình 52. Hỏi đặt cách nào khối hộp có mức vững vàng cao hơn?



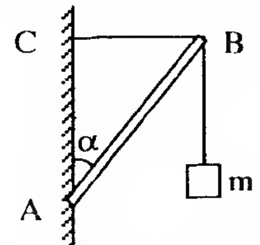
(Hình 52)

9. Tại sao ôtô chất trên nóc nhiều hàng nặng rất dễ bị đổ ở chỗ đường nghiêng?

10. Một vật nằm cân bằng trên một mặt phẳng nghiêng. Hãy phân tích vẽ các lực tác dụng lên vật để thấy rõ điều kiện: "Hợp lực của hai lực phải cân bằng với lực thứ ba".

11. Một chiếc đèn có khối lượng 32kg được treo vào tường nhờ một dây xích AB. Muốn cho đèn ở xa tường người ta dùng một thanh chống, một đầu tì vào tường còn đầu kia tì vào điểm B của dây sao cho dây hợp với tường một góc 45°. Tính lực căng của dây và phản lực của thanh.

12. Một giá treo được bố trí như hình 53: Thanh nhẹ AB tựa vào tường ở A, dây BC không dãn nằm ngang, tại B treo vật có khối lượng m = 2,7kg. Biết góc $\alpha = 30^o$. Tính độ lớn của phản lực do tường tác dụng lên thanh và sức căng T của dây. Lấy $g = 10m/s^2$.

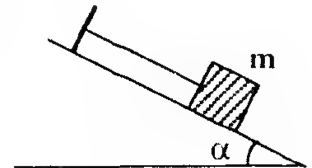


(Hình 53)

13. Một vật có khối lượng m = 4,2kg được giữ yên trên một mặt phẳng nghiêng bởi một sợi dây song song với đường dốc chính như hình 54. Biết góc nghiêng $\alpha = 30^o$, lấy $g = 9,8m/s^2$ và ma sát là không đáng kể. Hãy xác định:

a) Lực căng của dây.

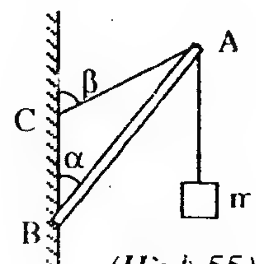
b) Phản lực của mặt nghiêng lên vật.



(Hình 54)

14. Một quả cầu có trọng lượng 60N được treo vào tường nhờ một sợi dây. Dây làm với tường một góc $\alpha = 30^o$. Bỏ qua ma sát ở chỗ tiếp xúc giữa quả cầu và tường. Hãy xác định lực căng của dây và phản lực của tường tác dụng lên quả cầu.

15. Một vật khối lượng m = 20kg được giữ vào tường nhờ dây treo AC và thanh nhẹ AB. Cho $\alpha = 45^o$, $\beta = 60^o$. (Hình 55). Tìm lực căng của dây AC và lực đàn hồi của thanh AB. Lấy $g = 10m/s^2$.



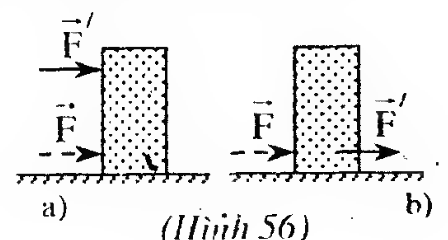
(Hình 55)

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Sở dĩ có thể nói "lực tác dụng lên vật rắn là một vectơ trượt" vì tác dụng của lực lên vật rắn không thay đổi khi ta trượt lực này trên giá của nó.

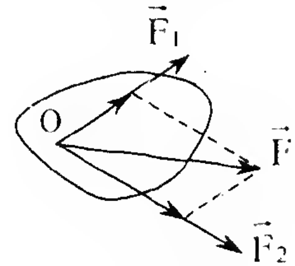
2. Không phải với hai lực bất kì tác dụng lên một vật rắn thì ta luôn tìm thấy hợp lực. Để có hợp lực thì hai lực thành phần phải đồng quy (tức là chúng phải đồng phẳng). Chú ý rằng điều kiện này chỉ áp dụng cho hai lực không song song. Đối với hai lực song song ta còn có thêm điều kiện khác nữa.

3. Nói như thế là chưa chính xác. Chỉ có thể thay thế lực $\vec{F}$ bởi lực $\vec{F}'$ nếu có thêm một điều kiện nữa là hai lực này cùng giá. Thực vậy, trên hình 56a.



(Hình 56)

Nếu thay lực $\vec{F}$ bởi lực $\vec{F}'$ thì tác dụng của hai lực này lên vật rắn là hoàn toàn khác nhau. Trên hình 56b việc thay lực $\vec{F}$ bởi lực $\vec{F}'$ không làm tác dụng của chúng thay đổi vì chúng có giá trùng nhau.



(Hình 57)

4. Cách làm như thế là không đúng. Không thể tịnh tiến hai lực cho điểm đặt của chúng trùng với trọng tâm của vật được mà phải trượt hai lực đó trên giá của chúng về điểm đồng quy, sau đó áp dụng quy tắc hình bình hành như hình 57.

5. Trọng tâm của một vật là điểm đặt của trọng lực tác dụng lên vật ấy.

Phương pháp: Treo vật 2 lần bằng dây mảnh với các điểm buộc dây khác nhau, trọng tâm là giao điểm của 2 đường thẳng vẽ trên vật, chứa dây treo trong hai lần treo đó.

6. Sở dĩ trọng tâm của vành kim loại lại nằm ngoài phần vật chất của vật là vì về nguyên tắc, trọng tâm của một vật rắn là điểm đặt của trọng lực tác dụng lên vật. Mặt khác, điểm đặt của trọng lực chính là điểm đặt của hợp lực của tất cả các thành phần trọng lực tác dụng lên tất cả các phần vật chất nhỏ của vật. Như vậy có thể hiểu là đối với trường hợp vành tròn có trọng tâm G nằm ngoài phần vật chất của vành thì tác dụng của trọng lực $\vec{P}$ đặt tại G thực chất là tương đương với tác dụng của các thành phần trọng lực tác dụng lên tất cả các phần vật chất nhỏ của vật.

7. Đối với chất điểm, vì ba lực không song song tác dụng lên chất điểm chắc chắn là ba lực đồng quy (điểm đồng quy trùng với chất điểm) nên điều kiện cân bằng chỉ là hợp lực của hai lực cân bằng với lực thứ ba là đủ. Trong khi đó, đối với vật rắn, khi chịu tác dụng của ba lực thì ba lực đó chưa chắc đã đồng phẳng và đồng quy nên phải có thêm điều kiện cần la ba lực tác dụng lên vật rắn phải đồng phẳng và đồng quy.

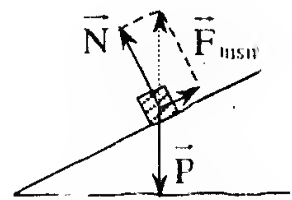
8. Đặt như hình b, mức vững vàng cao hơn vì trọng tâm của vật thấp hơn và mặt chân đế lớn hơn.

9. Khi ôtô chất hàng cao trên nóc xe thì trọng tâm của xe bị nâng cao. Khi qua chỗ đường nghiêng, diện tích mặt chân đế giảm làm mức vững vàng của xe giảm đi rất nhiều. Nếu không may, trọng tâm của xe "rơi" ra khỏi mặt chân đế thì xe sẽ bị lật.

10. Các lực tác dụng lên vật gồm trọng lực $\vec{P}$, phản lực pháp tuyến $\vec{N}$ và lực ma sát nghỉ $\vec{F}_{msn}$.

Khi vật cân bằng $\vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_{msn} = \vec{0}$.

Các lực được biểu diễn như hình 58. Trong đó hợp lực của $\vec{N}$ và $\vec{F}_{msn}$ cân bằng với $\vec{P}$.



(Hình 58)

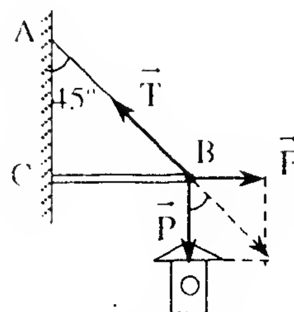
11. Điểm B đứng cân bằng dưới tác dụng của 3 lực:

Trọng lực $\vec{P}$ của đèn; Sức căng $\vec{T}$ của dây AB; Phản lực đàn hồi $\vec{F}$ của thanh BC như hình 59.

Điều kiện cân bằng: $\vec{P} + \vec{T} + \vec{F} = 0$

Lực căng của dây : $T = \dfrac{P}{\cos 45^0} = \dfrac{32}{\dfrac{\sqrt{2}}{2}} = 45{,}4N.$

Phản lực của tường: $F = T\cos 45^0 = 32N.$



(Hình 59)

12. Các lực tác dụng lên thanh AB (tại B) như hình 60.

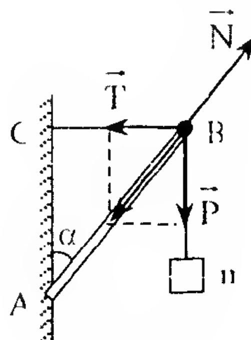
Điều kiện cân bằng : $\vec{P} + \vec{N} + \vec{T} = \vec{0}$

Với P = mg = 28N. Từ hệ thức lượng trong tam giác vuông thu được :

Lực căng dây: $T = mg.tg\alpha = 27.\dfrac{\sqrt{3}}{3} = 9\sqrt{3}$ N.

Phản lực của tường:

$$N = \frac{mg}{\cos\alpha} = \frac{27.2}{\sqrt{3}} = 18\sqrt{3} \text{ N.}$$



(Hình 60)

13. Các lực tác dụng lên vật biểu diễn như hình 61.

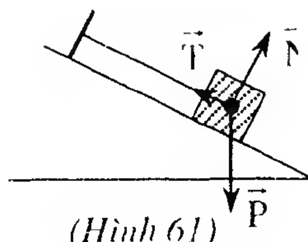
Vật cân bằng nên: $\vec{P} + \vec{N} + \vec{T} = \vec{0}$

a) Lực căng dây:

$$T = mg\sin\alpha = 4{,}2.9{,}8.\frac{1}{2} = 20{,}58N.$$

b) Phản lực của mặt nghiêng:

$$N = mg\cos\alpha = 4{,}2.9{,}8.\frac{\sqrt{3}}{2} = 35{,}6N.$$



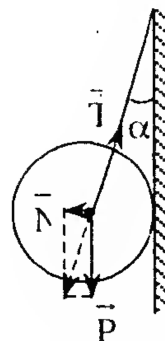
(Hình 61)

14. Quả cầu đứng cân bằng dưới tác dụng của các lực: Trọng lực $\vec{P}$, sức căng $\vec{T}$ của dây treo và phản lực $\vec{N}$ của tường như hình 62.

Vì quả cầu cân bằng nên ta có: $\vec{P} + \vec{T} + \vec{N} = \vec{0}$

Từ hình vẽ ta có : $T = \dfrac{P}{\cos\alpha} = \dfrac{60}{\dfrac{\sqrt{3}}{2}} = 69{,}4N.$

Phản lực : $N = T\sin\alpha = 60.\sin 30^o = 30N$



(Hình 62)

15. Lực căng dây T = 548 N .

Lực đàn hồi có độ lớn bằng lực nén lên thanh Q = 672 N.

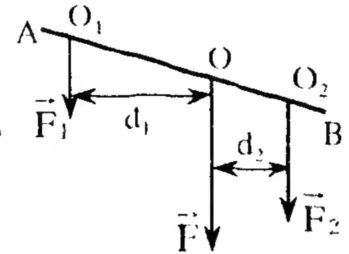
§28. QUY TẮC HỢP LỰC SONG SONG ĐIỀU KIỆN CÂN BẰNG CỦA VẬT RẮN DƯỚI TÁC DỤNG CỦA BA LỰC SONG SONG

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Quy tắc hợp hai lực song song cùng chiều

Hợp lực của hai lực $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ song song cùng chiều tác dụng vào một vật rắn là một lực $\vec{F}$ song song cùng chiều với hai lực và có độ lớn bằng tổng độ lớn của hai lực đó: $F = F_1 + F_2$.

Giá của hợp lực $\vec{F}$ chia khoảng cách giữa hai giá của $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ thành những đoạn tỉ lệ nghịch với độ lớn của hai lực ấy: $\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}$ (chia trong).



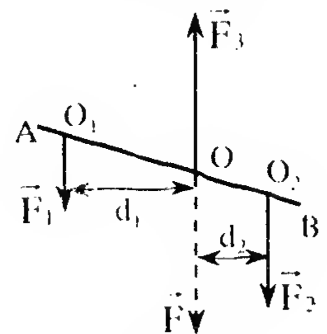
(Hình 63)

Hình 63: $\vec{F}$ là hợp lực của hai lực $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$.

2. Điều kiện cân bằng của vật rắn dưới tác dụng của ba lực song song

Điều kiện cân bằng của một vật rắn dưới tác dụng của ba lực $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ và $\vec{F}_3$ song song là hợp lực của hai lực bất kì cân bằng với lực thứ ba: $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$

Hình 64: Hợp lực của hai lực và phải cân bằng với lực thứ ba.



(Hình 64)

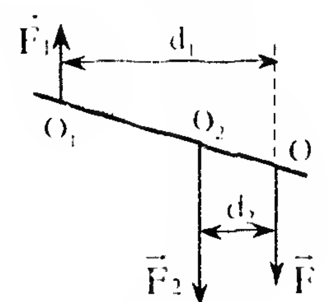
3. Quy tắc hợp hai lực song song trái chiều

Hợp lực $\vec{F}$ của hai lực $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ song song trái chiều có những đặc điểm sau:

– Song song và cùng chiều với lực thành phần có độ lớn lớn hơn lực thành phần kia.

– Có độ lớn bằng hiệu độ lớn của hai lực thành phần: $F = F_1 - F_2$.

– Giá của hợp lực nằm trong mặt phẳng của hai lực thành phần, khoảng cách giữa giá của hợp lực với giá của hai lực thành phần tuân theo công thức: $\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}$.



(Hình 65)

Khoảng cách d giữa giá của hai lực thành phần được chia ngoài theo tỉ lệ nghịch với độ lớn của hai lực ấy. (hình 65)

4. Ngẫu lực

Hệ hai lực song song, ngược chiều có độ lớn bằng nhau và cùng tác dụng vào một vật gọi là ngẫu lực.

Mômen ngẫu lực

Công thức: M = Fd. Trong đó F là độ lớn của mỗi lực, d là cánh tay đòn của ngẫu lực.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hai học sinh dùng gậy để khiêng một thùng nước nặng treo ở phần giữa của đòn gánh. Hỏi học sinh nào sẽ chịu lực lớn hơn nếu điểm treo xô nước nằm lệch hẳn về một phía so với điểm chính giữa?

2. Tìm hợp lực của hệ lực song song, trong đó có ba lực cùng chiều và hai lực hướng theo chiều ngược lại.

3. Quan sát một người đi xe đạp và hãy cho biết lực do chân người tác dụng lên hai bàn đạp có phải là ngẫu lực không? Tại sao?

4. Trong thực tế cuộc sống, những trường hợp sau đây có điểm gì giống nhau: Dùng cờ lê, mỏ lết để vặn ốc; Dùng tuốc nơ vít để vặn vít; Người lái xe dùng lực của hai tay để quay vô lăng; Vòi nước bằng đồng có thanh ngang (hoặc tròn) để thuận lợi khi mở hay đóng vòi nước.

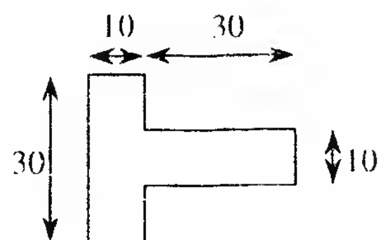
5. Một thanh gỗ có trọng lượng 480N đặt nằm ngang gối trên hai giá đỡ A và B. Trọng tâm của tấm ván cách điểm tựa A 1,8m và cách điểm tựa B 0,9m. Xác định lực mà tấm ván tác dụng lên hai giá đỡ A và B.

6. Một người gánh hai thúng, một thúng gạo nặng 27kg và một thúng ngô nặng 20,25kg. Đòn gánh dài 1,4m. Hỏi vai người ấy phải đặt ở điểm nào và chịu một lực bằng bao nhiêu ? Bỏ qua trọng lượng của đòn gánh.

7. Hãy xác định trọng tâm của một bản mỏng, đồng chất, hình chữ nhật, dài 12cm, rộng 6cm, bị cắt mất một mẩu hình vuông cạnh 3cm.

8. Người ta khoét một lỗ tròn bán kính $\frac{R}{2}$ trong một đĩa tròn đồng chất, bán kính R. Tìm trọng tâm phần còn lại.

9. Xác định vị trí trọng tâm của một bản mỏng, hình chữ T có khối lượng phân bố đều, kích thước ghi trên hình vẽ 66 (đơn vị cm).



(Hình 66)

10. Một thanh đồng chất có khối lượng 3kg, chiều dài l = 1m. Ở 2 đầu thanh treo 2 vật có khối lượng 1kg và 2kg. Xác định độ lớn và điểm đặt của hợp lực. Lấy $g = 10m/s^2$.

11. Một thanh đồng chất có chiều dài l = 1m có khối lượng 10kg, đặt thanh nằm ngang hai đầu tựa vào 2 điểm A và B. Tại vị trí C trên thanh cách B 20cm, người ta đặt một vật nặng khối lượng 20 kg.

a) Xác định hợp lực của 2 lực (trọng lượng của thanh tại O là trung điểm của AB và trọng lượng của vật nặng).

b) Xác định lực nén của thanh tại A và B.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Điểm treo xô nước nằm lệch về phía học sinh nào thì học sinh ấy chịu lực lớn hơn.

2. Giả sử 3 lực cùng chiều là $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$ và $\vec{F_3}$; hai lực ngược chiều là $\vec{F_4}$ và $\vec{F_5}$. Cách tìm hợp lực như sau:

Trước hết dùng quy tắc hợp lực của hai lực song song cùng chiều để:

– Tìm hợp lực $\vec{R_1}$ của hai lực $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$.

– Tìm hợp lực $\vec{R_2}$ của hai lực $\vec{R_1}$ và $\vec{F_3}$.

– Tìm hợp lực $\vec{R_3}$ của hai lực $\vec{F_4}$ và $\vec{F_5}$.

Dùng quy tắc hợp lực của hai lực song song ngược chiều để tìm hợp lực $\vec{R}$ của $\vec{R_2}$ và $\vec{R_3}$.

3. Lực do chân người tác dụng lên hai bàn đạp không phải là ngẫu lực vì chân chỉ có tác dụng đạp lên một bàn đạp (khi bàn đạp đó ở phía trước) mà không có tác dụng kéo bàn đạp kia lên, tức là không có hai lực ngược hướng.

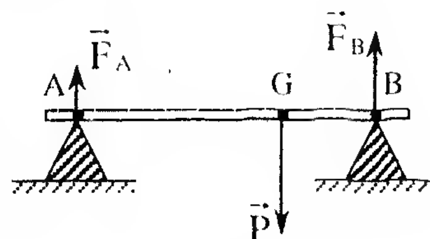
4. Các vật như con ốc, vít, vô lăng, thanh ngang của vòi nước khi sử dụng đều chịu tác dụng của hai lực ngược chiều. Nếu không cần độ chính xác tuyệt đối về sự bằng nhau của các lực tác dụng tác dụng thì có thể coi chúng đều chịu tác dụng của ngẫu lực.

5. Gọi G là trọng tâm của tấm ván, F_A và F_B lần lượt là lực mà tấm ván tác dụng lên các điểm A và B ở hai bờ mương (hình 67).

Ta có: $F_A + F_B = 480N$ (1)

$$\frac{F_A}{1,2} = \frac{F_B}{2,4} \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra: $F_A = 160N$ và $F_B = 320N$.



(Hình 67)

6. Lực đặt vào vai chính là hợp lực của trọng lượng hai thúng gạo và ngô. Lực này bằng tổng trọng lượng 2 thúng gạo vào ngô :

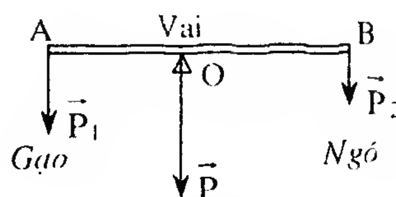
$P = P_1 + P_2 = 270 + 202,5 = 472,5N$.

Gọi O là điểm đặt của vai (hình 68).

$$\text{Ta có : } \frac{OA}{OB} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{202,5}{270} = \frac{3}{4}$$

Mặt khác OA + OB = 1,4m.

Suy ra: OA = 0,6m và OB = 0,8m.



(Hình 68)

7. *Nhận xét:* Bản mỏng đồng chất nên trọng lượng tỉ lệ với diện tích.

Tưởng tượng chia bản mỏng thành hai phần như hình 69.

Phần I : ABCD có trọng lượng P_1, diện tích S_1 và trọng tâm O_1.

Phần II : DEGH có trọng lượng P_2 và diện tích S_2 và trọng tâm O_2.

Điểm đặt O của hợp lực: $\vec{P} = \vec{P_1} + \vec{P_2}$ chính là trọng tâm của bản mỏng.

Ta có : $\dfrac{P_1}{P_2} = \dfrac{S_1}{S_2} = \dfrac{6.9}{3.3} = 6$

Do đó $\dfrac{P_1}{P_2} = \dfrac{d_2}{d_1} = \dfrac{OO_2}{OO_1} = 6$ (1)

(Hình 69)

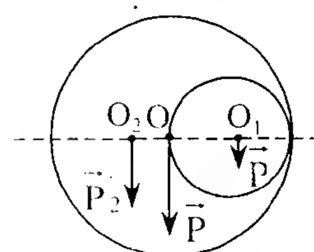
Chú ý : $OO_1 + OO_2 = O_1O_2$

$O_1O_2 = \sqrt{(d_1 + d_2)^2 + 1,5^2} = 6,18\text{cm}$ (2)

Giải (1) và (2) ta được $OO_1 = 0,88\text{cm}$. Vậy trọng tâm của bản mỏng nằm trong đoạn nối O_1O_2, cách O_1 một đoạn 0,88cm.

8. Gọi $\vec{P}$ là trọng lượng của đĩa tròn bán kính R, $\vec{P_1}$ là trọng lượng của đĩa tròn bán kính $\dfrac{R}{2}$, $\vec{P_2}$ là trọng lượng của đĩa tròn bán kính R đã bị khoét. Khi đó hợp lực : $\vec{P} = \vec{P_1} + \vec{P_2}$ như hình vẽ 70.

Trọng tâm cần tìm là điểm đặt O_2 của $\vec{P_2}$.



(Hình 70)

Trọng lượng tỉ lệ với diện tích nên: $\dfrac{P_2}{P_1} = \dfrac{S_2}{S_1} = \dfrac{\pi R^2 - \pi\dfrac{R^2}{4}}{\pi\dfrac{R^2}{4}} = 3$

Mặt khác : $\dfrac{P_2}{P_1} = \dfrac{OO_1}{OO_2} = 3 \Rightarrow OO_2 = \dfrac{1}{3}OO_1 = \dfrac{R}{6}$

Vậy trọng tâm phần còn lại nằm trên đường nối tâm OO_1 và cách O một đoạn $\dfrac{R}{6}$ (O_2 ở ngoài OO_1).

9. Phân tích bản chữ T thành hai phần có các trọng lượng $\vec{P_1}$ và $\vec{P_2}$ sau đó xác định vị trí hợp lực $\vec{P}$ của $\vec{P_1}$ và $\vec{P_2}$. Trọng tâm G nằm trên trục đối xứng của bản chữ T cách đầu bên trái chữ T một khoảng 25 cm.

10. Chú ý thanh có trọng lượng nên hợp lực trong trường hợp này là hợp lực của ba lực song song cùng chiều.

Hợp lực F = 60 N ; Vị trí điểm đặt của hợp lực cách A một khoảng 58,34cm và cách B một khoảng 41,66cm.

11. a) Dùng quy tắc hợp lực song song $F_1 = 300$ N .

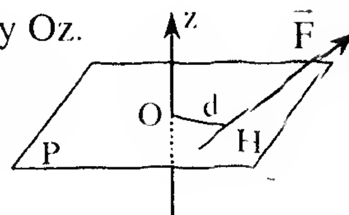
b) Các lực nén : $F_A = 90\text{N}$; $F_B = 210\text{N}$.

§29. MÔMEN LỰC. ĐIỀU KIỆN CÂN BẰNG CỦA VẬT RẮN CÓ TRỤC QUAY CỐ ĐỊNH

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Mômen của lực đối với một trục quay

Xét lực $\vec{F}$ nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục quay Oz.



(Hình 71)

Mômen lực $\vec{F}$ đối với một trục quay là đại lượng đặc trưng cho tác dụng làm quay của lực quanh trục ấy và được đo bằng tích của độ lớn của lực với cánh tay đòn của nó. (Hình 71)

Biểu thức: M = Fđ. Đơn vị của mômen lực là N.m.

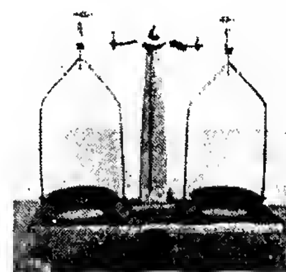
2. Điều kiện cân bằng của một vật rắn có trục quay cố định (quy tắc mômen)

Muốn cho một vật có trục quay cố định nằm ở trạng thái cân bằng, thì tổng các mômen lực có khuynh hướng làm cho vật quay theo một chiều phải bằng tổng các mômen lực có khuynh hướng làm cho vật quay theo chiều ngược lại.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Khi nào một lực tác dụng vào một vật có trục quay cố định mà không làm cho vật quay? Nêu định nghĩa mômen của lực nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục quay.

2. Hãy giải thích nguyên tắc hoạt động của chiếc cân (hình 72).

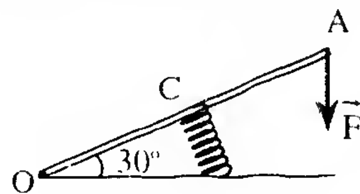

(Hình 72)

3. Tại sao khi mở những cánh cổng sắt (loại có bản lề) người ta hay kéo cửa ở những điểm nằm càng xa bản lề càng tốt?

4. Chứng tỏ rằng mômen của một ngẫu lực thì bằng tổng đại số mômen của từng lực hợp thành đối với một trục bất kì vuông góc với mặt phẳng của ngẫu lực.

5. Một thanh chắn đường dài 7,8m, có trọng lượng 210N, có trọng tâm ở cách đầu bên trái 1,2m. Thanh có thể quay quanh một trục nằm ngang ở cách đầu bên trái 1,5m. Hỏi phải tác dụng vào đầu bên phải một lực bằng bao nhiêu để giữ thanh ấy nằm ngang ?

6. Thanh OA có khối lượng không đáng kể, có chiều dài 30cm, dễ dàng quay quanh trục nằm ngang O, một lò xo gắn vào điểm giữa C. Người ta tác dụng vào đầu A một lực F = 28N hướng thẳng đứng xuống dưới như hình 73.



(Hình 73)

Khi thanh ở trạng thái cân bằng, lò xo có phương vuông góc với OA và OA làm thành một góc 30° với đường nằm ngang.

a) Tính phản lực N của lò xo vào thanh.

b) Tính độ cứng k, biết lò xo bị ngắn đi 10cm so với lúc không bị nén.

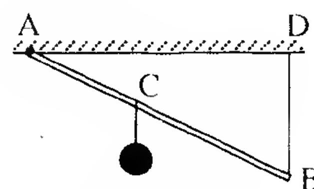
7. Một người đang quảy trên vai một chiếc bị có trọng lượng 50N. Chiếc bị buộc ở đầu gậy cách vai 60cm. Tay người giữ ở đầu kia cách vai 30cm. Bỏ qua trọng lượng của gậy. Hãy tính lực giữ của tay. Nếu dịch chuyển gậy trên vào cho bị cách vai 30cm và tay cách vai 60cm thì lực giữ bằng bao nhiêu ?

8. Một thanh gỗ đồng chất, tiết diện đều, khối lượng 30kg. Một người nâng một đầu của thanh gỗ lên bởi lực $\vec{F}$, đầu còn lại của thanh gỗ tựa trên sàn và hợp với phương ngang góc $\alpha = 30°$. Xác định độ lớn lực F nếu:

a) $\vec{F}$ vuông góc với thanh gỗ.

b) $\vec{F}$ hướng thẳng đứng lên trên. Lấy $g = 10m/s^2$.

9. Một thanh AB đồng chất, tiết diện đều, chiều dài $l = 1m$, khối lượng 5kg. Đầu A được gắn vào trần nhà nhờ một bản lề, đầu B được treo bởi sợi dây nhẹ thẳng đứng.



(Hình 74)

Tại một điểm C cách đầu A 40cm người ta treo một vật nặng 2kg như hình 74. Xác định sức căng T của dây.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Lực tác dụng vào một vật có trục quay cố định sẽ không làm cho vật quay khi giá của lực đi qua trục quay, mômen lực khi đó bằng 0.

Mômen lực đối với một trục quay là đại lượng đặc trưng cho tác dụng làm quay của lực quanh trục ấy và được đo bằng tích của độ lớn của lực với cánh tay đòn của nó. Biểu thức: $M = Fd$.

2. Cân hoạt động theo nguyên tắc cân bằng mômen.

Gọi P_1 và P_2 lần lượt là trọng lượng của vật cần cân và của các quả cân (đặt ở hai đĩa cân hai bên). Vì khoảng cách từ điểm treo hai đĩa cân đến trục quay bằng nhau nên khi $P_1 = P_2$ thì đòn cân nằm cân bằng theo phương ngang.

3. Vì càng xa bản lề, cánh tay đòn của lực càng lớn nên tác dụng làm quay của bản lề càng đáng kể.

4. Ta hãy xét hai trường hợp sau:

Trường hợp 1: Trục quay nằm trong khoảng giữa giá của hai lực (hình 75a).

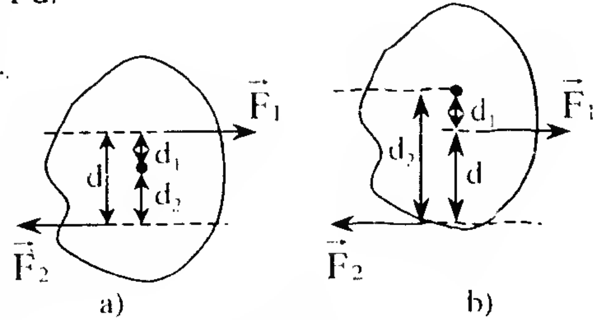
Mômen ngẫu lực: $M = F_1d_1 + F_2d_2$

Với $F_1 = F_2$ và $d_1 + d_2 = d$ ta được: $M = Fd$.

Trường hợp 2: Trục quay nằm ngoài khoảng giữa 2 giá của hai lực (hình 75b). Mômen ngẫu lực: $M = F_2d_2 - F_1d_1$

Với $F_1 = F_2$ và $d_2 - d_1 = d$ ta được: $M = Fd$.

Vậy, mômen của ngẫu lực bằng tổng đại số mômen của từng lực thành phần và không phụ thuộc vào vị trí của trục quay vuông góc với mặt phẳng chứa ngẫu lực (tức đúng với một trục quay bất kì vuông góc với mặt phẳng chứa ngẫu lực).



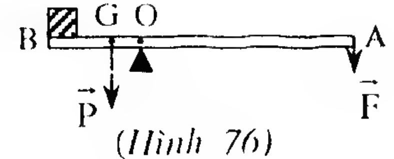
(Hình 75)

5. Các lực tác dụng lên thanh biểu diễn như hình 76.

Ta có : GB = 1,2m ; OB = 1,5m ; AB = 7,8m.

Điều kiện cân bằng:

$$P.OG = F.OA \Rightarrow F = \frac{P.OG}{OA} = \frac{210.0,3}{7,8-1,5} = 10N$$



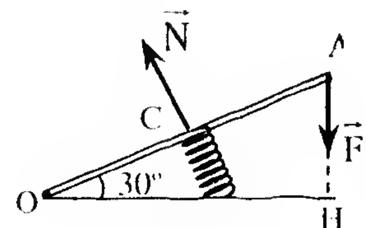
(Hình 76)

Vậy phải tác dụng vào đầu A một lực F = 10N hướng thẳng đứng xuống dưới để giữ thanh nằm ngang.

6. a) Các lực tác dụng lên thanh biểu diễn như hình 77. Thanh cân bằng nên áp dụng quy tắc mômen ta có: $F.OH = N.OC \Rightarrow$ Phản lực: $N = \frac{F.OH}{OC}$.

Với $OH = OA.\cos30^\circ = 30.\frac{\sqrt{3}}{2} = 15\sqrt{3}$ cm;

OC = 15cm. Thay số: $N = \frac{28.15\sqrt{3}}{15} = 48,4N$



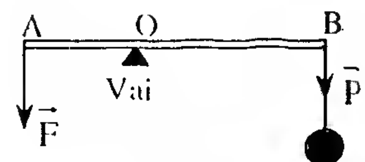
(Hình 77)

b) Từ định luật ta có: $N = F_{dh} = k\Delta l$

Độ cứng $k = \frac{N}{\Delta l} = \frac{48,4}{0,1} = 484N/m$.

7. Gọi $\vec{F}$ là lực giữ của tay như hình 78.

Điều kiện cân bằng : P.OB = F.OA

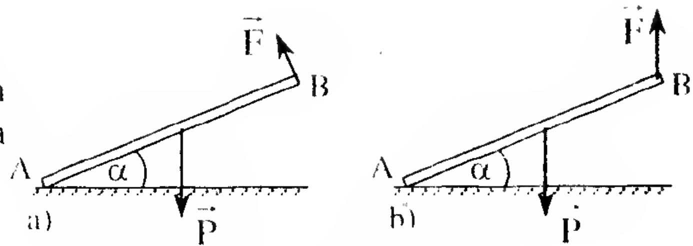


(Hình 78)

$$\Rightarrow F = \frac{P.OB}{OA} = \frac{50.60}{30} = 100N.$$

Dịch chuyển vai để OA = 30 cm và OB = 60cm thì lực giữ của tay là:

$$F' = \frac{P.OB}{OA} = \frac{50.30}{60} = 25N$$



(Hình 79)

8. Các lực tác dụng lên thanh gỗ biểu diễn như hình 79a,b.

a) F ≈ 130N. b) F = 150N.

9. Dùng quy tắc mômen suy ra lực căng T = 33N.

Chương 4. CÁC ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN

§31-32. ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN ĐỘNG LƯỢNG. CHUYỂN ĐỘNG BẰNG PHẢN LỰC

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Hệ kín

Một hệ vật được gọi là hệ kín nếu chỉ có các lực của các vật trong hệ tác dụng lẫn nhau (gọi là nội lực) mà không có những lực từ bên ngoài hệ (gọi là ngoại lực), hoặc nếu có thì các lực này phải triệt tiêu lẫn nhau.

2. Các định luật bảo toàn

Khi khảo sát các hệ kín, người ta thấy có một số đại lượng vật lí đặc trưng cho trạng thái của hệ được bảo toàn, nghĩa là chúng có giá trị không đổi theo thời gian.

Người ta đã thiết lập được một số định luật bảo toàn đối với hệ kín như định luật bảo toàn khối lượng, bảo toàn động lượng, bảo toàn năng lượng ...

3. Định luật bảo toàn động lượng

a) Động lượng

Động lượng của một vật là đại lượng đo bằng tích của khối lượng và vận tốc của vật. Động lượng là đại lượng vectơ, kí hiệu là $\vec{p}$: $\vec{p} = m\vec{v}$.

Trong hệ SI, động lượng có đơn vị là kg.m/s.

b) Định luật bảo toàn động lượng

Phát biểu: Vectơ động lượng toàn phần của hệ kín được bảo toàn.

Chú ý: Đại lượng $\vec{F}.\Delta t$ gọi là xung lực trong thời gian Δt.

4. Nguyên tắc chuyển động bằng phản lực

Trong một hệ kín, nếu có một phần của hệ chuyển động theo một hướng thì theo định luật bảo toàn động lượng, phần còn lại của hệ phải chuyển động theo hướng ngược lại.

Chuyển động theo nguyên tắc như trên gọi là chuyển động bằng phản lực.

5. Động cơ phản lực, tên lửa

a) Động cơ phản lực

Hiện nay, các máy bay hiện đại đều sử dụng động cơ phản lực (động cơ có tuabin nén). Phần đầu của động cơ có máy hút và nén không khí. Khi nhiên liệu cháy, hỗn hợp khí sinh ra phụt về phía sau vừa tạo phản lực để đẩy máy bay vừa làm quay tuabin của máy nén.

b) Tên lửa

Hoạt động của tên lửa cũng dựa trên nguyên tắc chuyển động bằng phản lực.

Hiện nay tên lửa có thể chuyển động trong chân không giữa các thiên thể vì có mang theo chất ôxi hóa để đốt cháy nhiên liệu.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Trong thực tế, với những điều kiện nào có thể coi một hệ gần đúng là kín? Cho một số thí dụ.
2. Hãy viết biểu thức cho trường hợp hệ hai vật.
3. Dựa vào các định luật Niutơn, thiết lập định luật bảo toàn động lượng cho một hệ gồm 3 vật.
4. Chứng tỏ rằng các hệ thức $\vec{F} = m\vec{a}$ và $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$ là tương đương.
5. Hãy chứng tỏ hai đơn vị kg.m/s và N.s thực chất là trùng nhau.
6. Nêu đặc điểm hoạt động khác nhau giữa động cơ phản lực của máy bay và tên lửa. Vai trò của tên lửa vũ trụ quan trọng như thế nào?
7. Hai vật có khối lượng m_1 = 1,8kg và m_2 = 4,5kg chuyển động với các vận tốc v_1 = 3m/s và v_2 = 2m/s. Tìm tổng động lượng (phương, chiều, độ lớn) của hệ trong các trường hợp:

   a) $\vec{v}_1$ và $\vec{v}_2$ cùng hướng.

   b) $\vec{v}_1$ và $\vec{v}_2$ cùng phương, ngược chiều.

   c) $\vec{v}_1$ vuông góc với $\vec{v}_2$.
8. Quả bóng khối lượng m = 0,6kg chuyển động với vận tốc v = 15m/s đến đập vào tường rồi bật trở lại với cùng vận tốc v, hướng vận tốc của bóng trước và sau va chạm tuân theo qui luật phản xạ gương. Tính độ lớn động lượng của bóng trước, sau va chạm và độ biến thiên động lượng của bóng nếu bóng đến đập vào tường dưới góc tới bằng:

   a) $\alpha = 0$

   b) $\alpha = 60°$

   Từ đó suy ra lực trung bình do tường tác dụng lên bóng trong mỗi trường hợp, nếu thời gian va chạm là Δt = 0,032s.
9. Một xe tải có khối lượng 3,6tấn chạy với vận tốc 54km/h. Nếu xe dừng lại 10s sau khi đạp phanh thì lực hãm phải bằng bao nhiêu. Dùng định lí về biến thiên động lượng.
10. Một toa xe có khối lượng m_1 = 3,7tấn chạy với vận tốc v_1 = 5,2m/s đến va chạm vào một toa xe đứng yên có khối lượng m_2 = 5,2tấn. Toa xe này chuyển động với vận tốc v_2 = 3,8m/s. Toa xe thứ nhất chuyển động thế nào sau va chạm.
11. Một viên đạn có khối lượng m = 2kg khi bay đến điểm cao nhất của quỹ đạo parabol với vận tốc v = 200m/s theo phương nằm ngang thì nổ thành 2 mảnh. Một mảnh có khối lượng m_1 = 1,5kg văng thẳng đứng xuống dưới với vận tốc v_1 cũng bằng 200m/s. Hỏi mảnh kia bay theo hướng nào và với vận tốc bằng bao nhiêu?

12. Một tên lửa khối lượng tổng cộng m = 500kg đang chuyển động với vận tốc v = 200m/s thì khai hỏa động cơ. Một lượng nhiên liệu có khối lượng m_1 = 50kg, cháy và phụt tức thời ra phía sau với vận tốc v_1 = 700m/s.

a) Tính vận tốc tên lửa sau khi nhiên liệu cháy phụt ra.

b) Sau đó phần vỏ chứa nhiên liệu, khối lượng 50kg, tách ra khỏi tên lửa, vẫn chuyển động theo hướng cũ nhưng vận tốc giảm chỉ còn 1/3. Tìm vận tốc phần tên lửa còn lại.

13. Một người khối lượng m_1 = 50kg đang đứng trên một chiếc thuyền khối lượng m_2 = 200kg nằm yên trên mặt nước yên lặng. Sau đó, người ấy đi từ mũi đến lái thuyền với vận tốc v_1 = 0,5m/s đối với thuyền. Biết thuyền dài 3m, bỏ qua lực cản của nước.

a) Tính vận tốc của thuyền đối với dòng nước.

b) Trong khi người chuyển động, thuyền đi được một quãng đường dài bao nhiêu ?

c) Khi người dừng lại, thuyền có chuyển động không ?

14. Một người khối lượng m_1 = 60kg đứng trên một xe goòng khối lượng m_2 = 240kg đang chuyển động trên đường ray với vận tốc 2m/s. Tính vận tốc của xe nếu người :

a) Nhảy ra sau xe với vận tốc 4m/s đối với xe.

b) Nhảy ra trước xe với vận tốc 4m/s đối với xe.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Trong thực tế, khó có thể thực hiện một hệ kín tuyệt đối vì không thể triệt tiêu hoàn toàn lực ma sát, lực cản của môi trường và đặc biệt là lực hấp dẫn của các thiên thể tác dụng lên hệ. Tuy nhiên trong những điều kiện nhất định có thể coi hệ gần đúng là hệ kín.

Thí dụ:

– Nếu bỏ qua lực hấp dẫn của các vật khác thì hệ vật - Trái Đất được xem là hệ kín.

– Trong các trường hợp đạn nổ, va chạm, các nội lực thường rất lớn so với ngoại lực nên hệ vật có thể coi gần đúng là hệ kín trong thời gian ngắn xảy ra hiện tượng.

2. Gọi $m_1, \vec{v}_1$ và $m_2, \vec{v}_2$ lần lượt là khối lượng và vận tốc của hai vật trước khi một hiện tượng vật lí nào đó xảy ra; $\vec{v}_1'$ và $\vec{v}_2'$ là vận tốc của các vật sau khi hiện tượng xảy ra.

Biểu thức định luật: $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2'$.

3. Xét hệ kín gồm 3 vật. Động lượng ban đầu của mỗi vật là $\vec{p}_1$, $\vec{p}_2$, $\vec{p}_3$

Động lượng của hệ là $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3$.

Vì hệ là kín nên mỗi vật chỉ chịu tác dụng của hai lực từ phía hai vật còn lại. Áp dụng định lí biến thiên động lượng cho mỗi vật trong khoảng thời gian nhỏ Δt, ta có:

Vật 1: $\Delta\vec{p}_1 = (\vec{F}_{21} + \vec{F}_{31})\Delta t$

Vật 2: $\Delta\vec{p}_2 = (\vec{F}_{12} + \vec{F}_{32})\Delta t$

Vật 3: $\Delta\vec{p}_3 = (\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23})\Delta t$

Cộng vế theo vế ba đẳng thức trên, ta được:

$$\Delta\vec{p}_1 + \Delta\vec{p}_2 + \Delta\vec{p}_3 = (\vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} + \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23})\Delta t$$

Theo định luật III Niutơn thì: $\vec{F}_{21} + \vec{F}_{12} = \vec{F}_{31} + \vec{F}_{13} = \vec{F}_{32} + +\vec{F}_{23} = \vec{0}$

$\Rightarrow \Delta\vec{p}_1 + \Delta\vec{p}_2 + \Delta\vec{p}_3 = \vec{0} \Rightarrow \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 =$ hằng số.

4. Ta có độ biến thiên động lượng $\Delta\vec{p} = m\Delta\vec{v}$.

Theo đó $\vec{F} = \dfrac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = \dfrac{m\Delta\vec{v}}{\Delta t}$. Chú ý rằng $\dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \vec{a}$ do đó $\vec{F} = \dfrac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = m\vec{a}$ (đpcm).

5. Đơn vị động lượng là $\dfrac{kg.m}{s}$. Biến đổi $\dfrac{kg.m}{s} = \dfrac{kg.m.s}{s^2}$.

Chú ý rằng $\dfrac{kg.m}{s^2}$ có thứ nguyên của lực (N) nên đơn vị của động lượng $\dfrac{kg.m}{s}$ tương đương với Ns.

6. Động cơ của máy bay phản lực và của tên lửa đều hoạt động với cùng một nguyên tắc là chuyển động bằng phản lực. Tuy nhiên, điểm khác nhau cơ bản giữa chúng là:

– Động cơ phản lực có mang theo chất ôxi hóa để đốt cháy nhiên liệu, do đó nó có thể chuyển động trong chân không giữa các thiên thể, trong khi đó máy bay phản lực chỉ sử dụng tuabin nén để hút, nén không khí nhờ đó có thể đốt cháy nhiên liệu và cũng chính vì vậy máy bay phản lực chỉ hoạt động được trong phạm vi không gian có không khí mà thôi.

– Để thay đổi hướng chuyển động, các tên lửa vũ trụ thường phải có một số động cơ phụ, điều này khác với máy bay phản lực.

7. Động lượng của hệ: $\vec{p} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$

a) Trường hợp $\vec{v}_1$ và $\vec{v}_2$ cùng hướng (hình 80a).

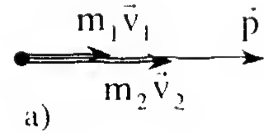
Vectơ động lượng cùng hướng với và và có độ lớn:

$$p = m_1v_1 + m_2v_2 = 1,8.3 + 4,5.2 = 14,4kg.m/s.$$

b) Trường hợp $\vec{v}_1$ và $\vec{v}_2$ cùng phương, ngược chiều.

Độ lớn: $p = m_2v_2 - m_1v_1 = 4,5.2 - 1,8.3 = 3,6$kg.m/s

Động lượng $\vec{p}$ cùng hướng với $\vec{v}_2$ như hình 80b.

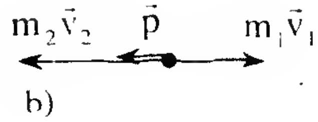


c) Trường hợp $\vec{v}_1$ vuông góc với $\vec{v}_2$ (hình 80c).

$$P = \sqrt{(m_1v_1)^2 + (m_2v_2)^2} = 10,45\text{kg.m/s}.$$

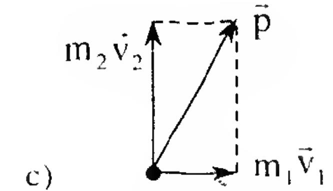
8. Độ lớn động lượng của bóng trước và sau va chạm :

$$p = p' = mv = mv' = 0,6.15 = 9\text{kg.m/s}.$$



Độ biến thiên động lượng của bóng:

$$\Delta\vec{p} = \vec{p}' - \vec{p} = m\vec{v}' - m\vec{v}.$$



(Hình 80)

a) Trường hợp góc $\alpha = 0$: $\vec{p}$ và $\vec{p}'$ ngược chiều.

Về độ lớn:

$\Delta p = p' + p$ hay $\Delta p = mv = mv' = 2mv = 18$kg.m/s.

Lực do tường tác dụng lên bóng :

$$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{18}{0,032} = 562,5\text{N}.$$

b) Trường hợp góc $\alpha = 60°$. Các vectơ $\vec{p}$, $\vec{p}'$, $\Delta\vec{p}$ và tạo thành một tam giác đều, do đó: $\Delta p = p = p' = 9$kg.m/s.

Lực do tường tác dụng lên bóng : $F = \dfrac{\Delta p}{\Delta t} = \dfrac{9}{0,032} = 281,25$N.

9. Chọn chiều dương là chiều chuyển động, gốc thời gian là lúc đạp phanh. áp dụng công thức $\vec{F}.\Delta t = \Delta\vec{p}$

Ta có : $\Delta p = 0 - mv_o$ nên $F = \dfrac{-mv_0}{\Delta t} = \dfrac{-3600.15}{10} = -5400$N.

10. Coi hệ hai xe trong thời gian ngắn xảy ra va chạm là hệ kín.

Động lượng của hệ trước va chạm là $m_1\vec{v}_1$.

Gọi $\vec{v}_1'$ là vận tốc của vật 1 ngay sau va chạm. Động lượng của hệ ngay sau va chạm là $m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2$.

Theo định luật bảo toàn động lượng: $m_1\vec{v}_1 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2$.

Chọn chiều dương là chiều chuyển động ban đầu của m1, ta có:

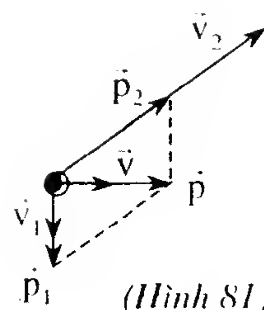
$$v_1' = \frac{m_1v_1 - m_2v_2}{m_1} = \frac{3700.5,2 - 5200.3,8}{3700} = -0,14\text{m/s}.$$

Vậy sau va chạm m_1 chuyển động ngược lại với vận tốc 0,14m/s.

11. Xét hệ là viên đạn. Vì thời gian nổ là rất ngắn và trong thời gian nổ, nội lực rất lớn so với ngoại lực (trọng lượng của đạn) nên hệ có thể coi là kín.

Theo định luật bảo toàn động lượng ta có:

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 \Leftrightarrow m\vec{v} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$$



(Hình 81)

Các vectơ vận tốc như hình 81.

Về độ lớn ta có: $p = mv = 200.2 = 400$kg.m/s.

$p_1 = m_1v_1 = 1,5.200 = 300$ kg.m/s

$p_2 = \sqrt{p^2 + p_1^2} = \sqrt{400^2 + 300^2} = 500$kg.m/s.

Khối lượng mảnh thứ hai: $m_2 = m - m_1 = 0,5$kg.

Vận tốc của mảnh thứ hai: $v_2 = \dfrac{p_2}{m_2} = \dfrac{500}{0,5} = 1000$m/s. Vận tốc $\vec{v}_2$ hợp với phương ngang một góc α. Với $tg\alpha = \dfrac{p_1}{p} = \dfrac{3}{4} \Rightarrow \alpha \approx 37^o$.

12. Ta coi như tên lửa là một hệ kín khi chuyển động và tương tác và áp dụng được định luật bảo toàn động lượng.

a) Theo định luật bảo toàn động lượng ta có: $m\vec{v} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$ (*)

Chiếu (*) lên phương chuyển động, theo hướng của $\vec{v}$:

$$mv = -m_1v_1 + m_2v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{mv + m_1v_1}{m_2} = 300\text{m/s}.$$

Vậy, vận tốc tên lửa sau khi nhiên liệu cháy là 300m/s.

b) Khi phần vỏ $m_3 = 50$kg tách khỏi tên lửa.

Ta có: $m_2\vec{v}_2 = m_3\vec{v}_3' + m_4\vec{v}_4$ (**)

Chiếu (**) lên phương của $\vec{v}_2$: $m_2v_2 = m_3v_3 + m_4v_4$

$$\Rightarrow v_4 = \frac{m_2v_2 - m_3v_3}{m_4} = 325\text{m/s}.$$

Vậy, vận tốc của phần tên lửa còn lại là 325m/s.

13. Dùng định luật bảo toàn động lượng cho phương ngang ta thu được các kết quả sau:

a) Vận tốc của thuyền đối với dòng nước: $v = 0,1$m/s.

b) Quãng đường thuyền đi được: $s = 0,6$m.

c) Khi người dừng lại, thuyền không chuyển động.

14. Dùng định luật bảo toàn động lượng theo phương ngang, ta thu được các kết quả sau:

a) Khi người nhảy ra sau vận tốc của xe là $v = 2,8$m/s.

b) Khi người nhảy tới phía trước, vận tốc của xe là $v = 1,2$m/s.

§33. CÔNG VÀ CÔNG SUẤT

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

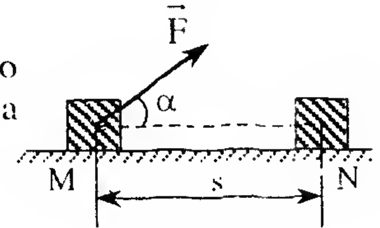
1. Công

a) Định nghĩa

* Công A do lực $\vec{F}$ không đổi thực hiện là một đại lượng bằng tích của độ lớn F của lực với độ dời s của điểm đặt của lực (có cùng phương với lực).

Biểu thức: A = Fs.

* Công thực hiện bởi một lực không đổi là đại lượng đo bằng tích của độ lớn của lực và hình chiếu của độ dời của điểm đặt trên phương của lực. (Hình 82)



(Hình 82)

Biểu thức: $A = F.s.\cos\alpha$.

b) Công phát động và công cản

Công A là đại lượng vô hướng và có giá trị đại số tùy thuộc vào dấu của $\cos\alpha$: Nếu α nhọn thì $A > 0$ gọi là công phát động; nếu α tù thì $A < 0$ gọi là công cản; nếu $\alpha = \frac{\pi}{2}$ thì $A = 0$.

c) Đơn vị công

Trong hệ SI, đơn vị công là Jun (J): 1Jun là công thực hiện bởi lực có cường độ 1N làm dời chỗ điểm đặt của lực 1m theo phương của lực.

2. Công suất

a) Định nghĩa

Công suất là đại lượng có giá trị bằng thương số giữa công A và thời gian t để thực hiện công ấy. Công thức: $P = \frac{A}{t}$.

b) Đơn vị

Trong hệ SI, đơn vị công suất là Jun/giây gọi là Oát (W). Ngoài ra còn dùng kilôoát và mêgaoát: $1\ kW = 10^3\ W$; $1MW = 10^6\ W$.

Chú ý : Đơn vị kWh là đơn vị công : 1 kWh = 3600000 J.

c) Biểu thức khác của công suất

Từ công thức $P = \frac{A}{t}$ với $A = F.s \Rightarrow P = Fv$.

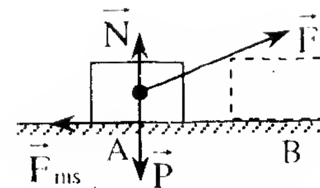
3. Hiệu suất

Trong thực tế, khi vận hành, một máy luôn chịu tác dụng của lực ma sát cản trở chuyển động của nó. Lực này thực hiện công âm làm hao phí năng lượng, vì thế công có ích A' của máy bao giờ cũng nhỏ hơn công A do lực phát động thực hiện. Tỉ số $H = \frac{A'}{A}$ gọi là hiệu suất của máy. Hiệu suất có giá trị nhỏ hơn 1.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Nêu ý nghĩa công dương và công âm. Cho thí dụ.

2. Một vật dịch chuyển trên sàn nằm ngang từ A đến B. Các lực tác dụng lên vật được biểu diễn như hình 83. Hãy cho biết lực nào không sinh công? Công của lực nào là công cản? Công phát động?



(Hình 83)

3. Buộc một vật vào đầu một sợi dây, cầm đầu kia quay cho vật chuyển động tròn. Lực căng của dây có thực hiện công không? Tại sao?

4. Hãy tìm hiểu và cho biết cơ sở vật lí dùng để chế tạo hộp số dùng trong ôtô, xe máy là gì?

5. Hai người cùng lên tầng ba của một căn nhà bằng cầu thang. Người thứ nhất đi từ từ còn người thứ hai chạy. Hỏi công và công suất của hai người đó có gì khác nhau?

6. Một người kéo một hòm gỗ 45kg trượt trên sàn nhà bằng một dây có phương hợp với phương ngang một góc 30°, lực tác dụng lên dây là 160N. Tính công của lực đó khi hòm trượt được 20m. Khi hòm trượt, công của trọng lực bằng bao nhiêu?

7. Một xe tải khối lượng 3,5tấn, bắt đầu chuyển động nhanh dần đều sau khi đi quãng đường 112,5m thì vận tốc đạt được 54km/h. Hệ số ma sát giữa xe và mặt đường là k = 0,05.

   Tính công các lực tác dụng lên xe. Lấy $g = 10m/s^2$.

8. Một vận động viên leo lên một tòa nhà cao 300m trong 22 phút.

   Biết người đó có khối lượng 72kg, tính công suất mà người đó đã thực hiện. (Lấy $g = 10m/s^2$)

9. Một người nâng một vật nặng 250N lên độ cao 2,5m trong 5s. Trong khi đó, một thang máy đưa một khối lượng nặng 2800N lên độ cao 10m trong 4s. Hãy so sánh công, công suất của người và máy đã thực hiện.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Từ biểu thức $A = F.s.\cos\alpha$, ta có các trường hợp:

   – Nếu α nhọn ($\alpha < \frac{\pi}{2}$) thì $A > 0$ và được gọi là công phát động.

   – Nếu α tù ($\frac{\pi}{2} < \alpha < \pi$) thì $A < 0$ và được gọi là công cản.

   Thí dụ: Đối với người nhảy dù, công của trọng lực là công dương, công của lực cản của không khí là công âm. Thoạt đầu, khi mới nhảy ra từ máy bay, chuyển động là nhanh dần, khi vận tốc càng tăng thì lực cản cũng càng tăng, đến một lúc nào đó độ lớn công của lực cản bằng độ lớn công của trọng lực, lúc đó chuyển động là đều và công toàn phần bằng 0.

2. Trọng lực $\vec{P}$ và phản lực pháp tuyến $\vec{N}$ không sinh công vì phương của các lực này vuông góc với phương chuyển dời của vật.

Công của lực $\vec{F}$ là công phát động, công của lực ma sát $\vec{F}_{ms}$ là công cản.

3. Lực căng dây không thực hiện công vì trong trường hợp này phương của lực căng dây luôn vuông góc với phương của vectơ vận tốc, tức có góc $\alpha = 0$.

4. Cơ sở vật lí dùng để chế tạo hộp số dùng trong ôtô, xe máy là mối liên hệ giữa công suất P, lực phát động F và vận tốc v:

Từ công thức $P = \frac{A}{t}$ với $A = F.s \Rightarrow P = Fv$.

– Nếu v là vận tốc trung bình của vật thì P là công suất trung bình.

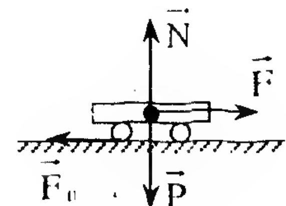
– Nếu v là vận tốc tức thời thì P là công suất tức thời, nó cho biết giá trị của công suất tại một thời điểm xác định.

5. Công do hai người thực hiện bằng nhau, nhưng người thứ hai có công suất lớn hơn vì thời gian dịch chuyển của người ấy nhỏ hơn (do người này chạy).

6. Công của lực F: $A = Fs\cos\alpha = 160.20.\frac{\sqrt{3}}{2} = 2768J$.

Vì trọng lực luôn vuông góc với mặt sàn (phương chuyển động) nên công của trọng lực bằng không.

7. Các lực tác dụng lên xe gồm : trọng lực $\vec{P}$; phản lực pháp tuyến $\vec{N}$; lực kéo của động cơ $\vec{F}$ và lực ma sát $\vec{F}_{ms}$ như hình vẽ 84.



(Hình 84)

Vì $\vec{P}$ và $\vec{N}$ vuông góc với đường đi nên $A_P = A_N = 0$.

Gia tốc của xe: $a = \frac{v^2}{2s} = \frac{15^2}{2.112,5} = 1m/s^2$.

Lực kéo của động cơ : $F = m(a + kg) = 3500(1 + 10.0,05) = 5250N$

Công của lực F: $A_F = F.s = 5250.112,5 = 5,9.10^5J$.

Công của lực ma sát: $A_{ms} = -kmg.s = -0,05.3500.10.112,5 = -1,97.10^5 J$.

8. Công suất $P = \frac{A}{t} = \frac{mgs}{t} = \frac{72.10.300}{22.60} = 163,64W$.

9. Công của người : $A_1 = 250.2,5 = 625J$.

Công của máy : $A_2 = 2800.10 = 28000$ J. So sánh: $A_2 > A_1$.

Công suất của người : $P_1 = \frac{A_1}{t_1} = \frac{625}{5} = 125W$.

Công suất của máy : $P_2 = \frac{A_2}{t_2} = \frac{28000}{4} = 7000$ W. So sánh: $P_2 > P_1$.

§34. ĐỘNG NĂNG. ĐỊNH LÍ ĐỘNG NĂNG

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Động năng

Động năng của một vật là năng lượng do chuyển động mà có.

Động năng có giá trị bằng một nửa tích khối lượng với bình phương vận tốc của vật: $W_đ = \frac{1}{2}mv^2$. Đơn vị của động năng là Jun (J).

2. Định lí về động năng

Độ biến thiên động năng của một vật bằng công của ngoại lực tác dụng lên vật.

Biểu thức: $\Delta W_đ = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = A$.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Vật nào sau đây có động năng? Chúng có thể sinh công như thế nào?

a) Viên đạn đang bay.

b) Dòng nước lũ quét đang chảy mạnh.

2. Giải thích mối quan hệ giữa công và năng lượng.

3. Hai vật cùng khối lượng chuyển động cùng vận tốc, nhưng một theo phương ngang và một theo phương thẳng đứng. Hai vật có cùng động năng hay không? Cùng động lượng hay không?

4. Một người đang ngồi trên toa tàu chuyển động với vận tốc v_1 thì ném một viên sỏi tới phía trước (theo hướng chuyển động của tàu) với vận tốc v_2.

Để tính động năng của viên sỏi so với mặt đất, có hai cách sau:

Cách 1: Do ở trên tàu, viên sỏi có động năng $\frac{1}{2}mv_2^2$ so với tàu, động năng của nó so với đất là : $\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$ (1)

Cách 2: Vận tốc của viên sỏi so với đất là $v_1 + v_2$ nên động năng là :

$$\frac{1}{2}m(v_1 + v_2)^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 + mv_1v_2 \quad (2)$$

Rõ ràng là các kết quả (1) và (2) có sự khác biệt. Giải thích tại sao?

5. Viên đạn có khối lượng 12g bay ngang với vận tốc 0,9km/s. Người có khối lượng 65kg chạy với vận tốc 11,5m/s. Hãy so sánh động năng, động lượng của đạn và người.

6. Một viên đạn có khối lượng 15g bay theo phương ngang với vận tốc 350m/s xuyên qua tấm gỗ dày 4,8cm. Sau khi xuyên qua gỗ, đạn có vận tốc 100m/s. Tính lực cản trung bình của tấm gỗ tác dụng lên viên đạn.

7. Một ôtô khối lượng 960kg có công suất 35kW. Trên ôtô có hai người khối lượng tổng cộng 140kg. Ôtô muốn tăng tốc từ 15m/s đến 20m/s phải mất bao nhiêu thời gian?

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Cả hai vật đều có động năng. Viên đạn đang bay có thể xuyên vào các vật khác như gỗ chẳng hạn. Dòng nước lũ quét đang chảy mạnh có thể cuốn trôi các vật khác như cây cối, nhà cửa ...

2. Mối liên hệ giữa công và năng lượng: Công là số đo biến đổi động năng trong quá trình chuyển động hay nói cách khác, công là số đo biến đổi năng lượng.

3. Hai vật có cùng động năng vì động năng là đại lượng vô hướng và xác định bởi biểu thức $W_d = \frac{1}{2}mv^2$. (cùng vận tốc và cùng khối lượng).

   Hai vật có động lượng khác nhau vì động lượng là đại lượng vectơ.

4. Sở dĩ có sự khác biệt nêu trên là do học sinh thứ nhất đã có sai lầm trong cách lập luận của mình. Động năng không tuân theo quy luật "kéo theo" giống như vận tốc. Cách suy luận của học sinh thứ hai là đúng.

5. Động năng của đạn: $W_d = \frac{1}{2}m_d v_d^2 = \frac{1}{2}.0,012.900^2 = 4860J$.

   Động năng của người: $W_n = \frac{1}{2}m_n v_n^2 = \frac{1}{2}.65.11,5^2 = 4298,12J$.

   So sánh: $W_d = 4860J > W_n = 4298,12J$.

   Động lượng của đạn: $p_d = m_d v_d = 0,012.900 = 10,8kg.m/s$.

   Động lượng của người: $p_n = m_n v_n = 65.11,5 = 747,5kg.m/s$.

   So sánh: $p_n = 747,5kg.m/s > p_d = 10,8kg.m/s$.

6. Độ biến thiên động năng của đạn trong quá trình xuyên qua tấm gỗ:

   $$\Delta W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) = \frac{1}{2}.0,015(100^2 - 350^2) = -843,75J.$$

   Độ biến thiên động năng bằng công của lực cản: $\Delta W = -F_{ctb}.s$.

   Lực cản trung bình $-F_{ctb} = \frac{\Delta W}{s} = \frac{-843,75}{0,048} = -17578,13N$.

   Vậy lực cản trung bình của tấm gỗ là $F_{ctb} = 17578,13N$.

7. Khối lượng tổng cộng của xe và người: $m = 960 + 140 = 1100kg$.

   Độ biến thiên động năng: $A = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv'^2 = 96250J$.

   Thời gian cần thiết: $t = \frac{A}{P} = \frac{96250}{35000} = 2,75s$.

§35-36. THẾ NĂNG TRỌNG TRƯỜNG VÀ THẾ NĂNG ĐÀN HỒI

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Khái niệm thế năng

Một vật khi ở một độ cao nào đó có mang một năng lượng để sinh công.

Một vật khi biến dạng đã có một năng lượng dự trữ để sinh công.

Dạng năng lượng nói đến trong hai trường hợp trên gọi là thế năng. Nó phụ thuộc vào vị trí tương đối của vật so với mặt đất hoặc phụ thuộc vào độ biến dạng của vật so với trạng thái chưa biến dạng.

2. Công của trọng lực

Một vật khối lượng m (coi như chất điểm), đi chuyển từ điểm B có độ cao z_B đến điểm C có độ cao z_C so với mặt đất. Công do trọng lực tác dụng lên vật thực hiện trong dịch chuyển từ B đến C xác định bởi: $A_{BC} = mg(z_B - z_C)$

Công của trọng lực không phụ thuộc hình dạng đường đi mà chỉ phụ thuộc các vị trí đầu và cuối. Lực có tính chất như thế gọi là lực thế hay lực bảo toàn.

3. Thế năng trong trọng trường

– Thế năng trọng trường của một vật là năng lượng mà một vật có được do vật được đặt tại một vị trí xác định trong trọng trường của Trái đất.

– Biểu thức: $W_t = mgz$. Đơn vị thế năng là Jun (J).

– Khi một vật dịch chuyển từ vị trí 1 có độ cao z_1 đến vị trí 2 có độ cao z_2, công của trọng lực: $A_{12} = mgz_1 - mgz_2 = W_{t1} - W_{t2}$.

Công của trọng lực bằng hiệu thế năng tại vị trí đầu và vị trí cuối, tức là bằng độ giảm thế năng.

4. Lực thế và thế năng

Các lực có đặc điểm giống như trọng lực (công không phụ thuộc vào dạng đường đi, chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu và điểm cuối) gọi là lực thế.

Các lực như lực vạn vật hấp dẫn, lực đàn hồi, lực tĩnh điện ... đều là lực thế. Lực ma sát không phải là lực thế.

Thế năng là năng lượng của một hệ có được do tương tác giữa các phần của hệ (thí dụ Trái Đất và vật) thông qua lực thế.

5. Công của lực đàn hồi

Khi lò xo biến dạng, lực đàn hồi tính bởi $F = -kx$.

Công do lực đàn hồi thực hiện khi lò xo biến dạng và đầu lò xo có gắn quả nặng di chuyển từ vị trí x_1 đến vị trí x_2: $A_{12} = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}$.

Công này chỉ phụ thuộc các vị trí đầu và cuối của biến dạng, nên lực đàn hồi cũng là lực thế.

6. Thế năng đàn hồi

Khi một vật bị biến dạng, vật có thể sinh công, lúc đó vật có một dạng năng lượng gọi là thế năng đàn hồi. Thế năng đàn hồi được định nghĩa bằng biểu thức: $W_{dh} = \dfrac{kx^2}{2}$.

Thế năng đàn hồi cũng được xác định sai kém nhau một hằng số cộng, tùy theo cách chọn gốc tọa độ ứng với vị trí cân bằng.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

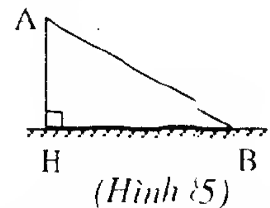
1. Giữa động năng và thế năng có gì khác nhau? Thế năng liên quan đến lực thế như thế nào?

2. Nếu thế năng được xác định sai kém một hằng số cộng tùy ý thì độ giảm thế năng có bằng công của trọng lực không?

3. Một vật chuyển động không vận tốc đầu từ A xuống B theo hai đường (hình 85):

a) Rơi thẳng đứng theo AH sau đó chuyển động ngang theo hướng HB.

b) Chuyển động theo mặt phẳng nghiêng AB.



(Hình 85)

Công của trọng lực trong hai con đường đó có bằng nhau không? Hãy giải thích tại sao?

4. Hãy cho biết khả năng sinh công của các vật sau đây:

a) Cánh cung khi bị uốn cong.

b) Lò xo bị nén.

c) Cầu nhảy trên bể bơi khi vận động viên làm nhún cong.

d) Cây sào mềm được uốn cong do vận động viên nhảy sào.

5. Xây dựng biểu thức tính công mà lực đàn hồi thực hiện trong biến dạng của lò xo. Công này liên hệ với độ biến thiên thế năng như thế nào?

6. Một vật rơi tự do một quãng đường h. Cũng vật ấy rơi quãng đường h trong chất lỏng nhớt nhưng rơi đều. So sánh công của trọng lực và động năng trong hai trường hợp ấy. Giải thích sự khác nhau (nếu có).

7. Một vật có khối lượng m = 870g rơi không vận tốc đầu từ độ cao z = 24m xuống đất. Tính công do vật sinh ra khi đi sâu vào đất.

8. Một vật có khối lượng m = 4,8kg được đặt ở một vị trí trong trọng trường và có thế năng tại vị trí đó bằng $W_{t1} = 640J$. Thả tự do cho vật rơi tới mặt đất, tại đó thế năng của vật bằng $W_{t2} = -224J$. Lấy $g = 10m/s^2$.

a) Hỏi vật đã rơi từ độ cao nào so với mặt đất ?

b) Hãy xác định gốc thế năng (bằng 0) đã được chọn ở đâu?

c) Tìm vận tốc của vật khi đi qua vị trí gốc thế năng.

9. Một lò xo nằm ngang ban đầu không bị biến dạng. Khi tác dụng một lực 7,2N vào lò xo theo phương của lò xo ta thấy nó dãn được 3,6cm.

a) Tìm độ cứng của lò xo.

b) Xác định giá trị thế năng đàn hồi của lò xo khi nó dãn được 3,6cm.

c) Tính công do lực đàn hồi thực hiện khi lò xo được kéo dãn thêm từ 3,6cm đến 4,2cm. Công này dương hay âm? Giải thích ý nghĩa.

10. Một lò xo có độ cứng k treo thẳng đứng, đầu trên cố định, đầu dưới treo quả cầu khối lượng m. Ban đầu quả cầu ở vị trí lò xo không bị biến dạng, sau đó thả cho quả cầu chuyển động. Chọn mốc tính thế năng trọng trường và thế năng đàn hồi tại vị trí cân bằng. Chứng minh rằng thế năng của hệ quả cầu và lò xo khi quả cầu ở cách vị trí cân bằng một đoạn x là $W_t = \frac{1}{2}kx^2$.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. * Điểm khác nhau cơ bản giữa động năng và thế năng là động năng là dạng năng lượng mà vật có được do chuyển động, còn thế năng là dạng năng lượng mà vật có được do vị trí của vật so với mặt đất (hay mốc tính độ cao nào đó) hoặc do sự biến dạng của vật so với trạng thái chưa biến dạng.

* Mối liên hệ giữa thế năng và lực thế: Thế năng là năng lượng dự trữ của một hệ có được do tương tác giữa các phần của hệ thông qua lực thế.

2. Nếu thế năng được xác định sai kém một hằng số cộng tùy ý thì độ giảm thế năng vẫn bằng công của trọng lực. Thực vậy: Xét độ giảm thế năng khi vật dịch chuyển từ độ cao z_1 xuống độ cao z_2 so với mặt đất.

– Nếu chọn mốc tính thế năng tại mặt đất, công của trọng lực là:

$$A_1 = W_{t1} - W_{t2} = mgz_1 - mgz_2$$

– Nếu chọn mốc tính thế năng tại vị trí cách mặt đất một khoảng a, công của trọng lực là: $A_2 = W'_{t1} - W'_{t2} = mg(z_1 - a) - mg(z_2 - a) = mgz_1 - mgz_2$.

Tức là $A_1 = A_2$.

3. Bằng nhau. Công của trọng lực khi vật chuyển động theo đường AHB bằng công của trọng lực trên đoạn AH vì đoạn HB vuông góc với phương của trọng lực. Ta có: $A_{AHB} = A_{AH} = P.AH = mg.AH$.

Công của trọng lực theo đoạn AB: $A_{AB} = P.AB.\frac{AH}{AB} = mg.AH$

Rõ ràng là: $A_{AHB} = A_{AB}$.

4. a) Cánh cung khi bị uốn cong có thể thự hiện công đẩy mũi tên bay xa.

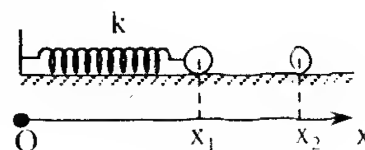
b) Lò xo bị nén có thể tác dụng lực đẩy vật gắn với nó dịch chuyển.

c) Cầu nhảy trên bể bơi khi vận động viên làm nhún cong có thể thực hiện công "hất" vận động viên tung người lên cao để thực hiện các động tác kĩ thuật khi nhảy xuống nước.

d) Cây sào mềm được uốn cong do vận động viên nhảy sào có thể thực hiện công đẩy vận động viên lên cao và vượt qua xà.

5. Xét lò xo có độ cứng k, một đầu cố định, đầu kia gắn quả nặng dịch chuyển từ vị trí có toạ độ x_1 đến vị trí có tọa độ x_2 như hình 86.

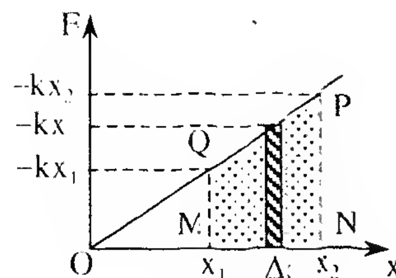
Vì lực đàn hồi thay đổi theo độ biến dạng nên ta chia nhỏ độ biến dạng toàn phần $(x_2 - x_1)$ thành những độ biến dạng vô cùng nhỏ Δx sao cho tương ứng với những độ biến dạng này lực đàn hồi là không đổi.



(Hình 86)

Công nguyên tố do lực đàn hồi thực hiện trên một đoạn biến dạng x có giá trị: $\Delta A = F\Delta x = -kx\Delta x$.

Công toàn phần (tính trên độ biến dạng toàn phần $(x_2 - x_1)$ bằng tổng tất cả các công nguyên tố. Trên đồ thị hình 87, công nguyên tố là diện tích hình chữ nhật (phần gạch chéo đậm) có chiều cao bằng Fx, chiều rộng là Δx. Công toàn phần bằng diện tích hình thang MNPQ.



(Hình 87)

Độ lớn công toàn phần: $A_{12} = -\frac{1}{2}kx_2.x_2 - (-\frac{1}{2}kx_1.x_1)$

Hay $A_{12} = \frac{1}{2}kx_1^2 - \frac{1}{2}kx_2^2$. Công này hiệu thế năng đàn hồi giữa vị trí đầu và vị trí cuối.

6. Ta biết công của trọng lực chỉ phụ thuộc vào hiệu độ cao giữa vị trí đầu và vị trí cuối, nên công của trọng lực trong hai trường hợp bằng nhau.

+ Trường hợp rơi tự do, động năng của vật tăng:

$$\Delta W_d = W_{d2} - W_{d1} = \frac{1}{2}mv^2 - 0 = \frac{1}{2}m.2gh = mgh \text{ (chú ý } v^2 = 2gh)$$

+ Trường hợp trong chất lỏng nhớt, động năng không đổi : $E_{W_d} = 0$

Giải thích sự khác nhau:

– Khi vật rơi tự do, vật chỉ chịu tác dụng của trọng lực.

– Khi rơi trong chất lỏng nhớt, ngoại lực bằng 0 (vì trọng lực cân bằng với lực đẩy Acsimet và lực ma sát của chất lỏng).

7. Phân tích chuyển động làm hai giai đoạn:

* Giai đoạn 1: Vật rơi từ độ cao z đến đất.

Công thực hiện: $A_1 = mgz = 0,87.10.24 = 208,8J$. Công này có giá trị bằng đúng động năng của vật khi chạm đất: $W_d = 208,8J$.

* Giai đoạn 2: Vật lún sâu vào đất một đoạn s.

Công do vật sinh ra bằng độ biến thiên động năng, tức $A_2 = W_d = 2(8,80J$.

8. Chọn chiều dương của trục z hướng lên trên.

a) $W_{t1} - W_{t2} = mg(z_1 - z_2) \Rightarrow \Delta z = z_1 - z_2 = \dfrac{W_{t1} - W_{t2}}{mg}$

Thay số : $\Delta z = \dfrac{640 - (-224)}{4,8.10} = 18m.$

Vật đã rơi từ độ cao 18m so với mặt đất.

b) Tại vị trí gốc thế năng, z = 0

$W_{t1} = mgz_1 = 640J \Rightarrow z_1 = \dfrac{640}{4,8.10} = 13,33m.$

Vị trí ban đầu cao hơn vị trí gốc thế năng 13,3m. Có thể kiểm lại thế năng tại mặt đất : $W_{t2} = mgz_2 = -224J \Rightarrow z_2 = -\dfrac{224}{4,8.10} = -4,67m.$

c) Vận tốc khi qua gốc thế năng: $v = \sqrt{2gz_1} = \sqrt{2.10.13,33} = 16,3m/s.$

9. a) Độ lớn của lực đàn hồi: $|F| = kx \Rightarrow k = \dfrac{|F|}{x} = \dfrac{7,2}{0,036} = 200N/m.$

b) Thế năng đàn hồi: $W_{dh} = \dfrac{1}{2}kx^2 = \dfrac{1}{2}.200.0,036^2 = 0,1296J.$

c) Công thực hiện của lò xo: $A = \dfrac{1}{2}kx_1^2 - \dfrac{1}{2}kx_2^2$

Thay số: $A = \dfrac{1}{2}.200.0,036^2 - \dfrac{1}{2}.200.0,042^2 = -0,0468J$

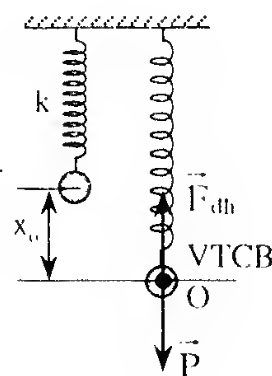
Công A < 0 vì lực đàn hồi ngược với chiều biến dạng, công của lực đàn hồi là công cản.

10. a) Khi m ở vị trí cân bằng O: $\vec{P} + \vec{F}_{dh} = \vec{0}$

Về độ lớn: $mg - kx_o = 0$ (1)

Trong đó x_o là độ giãn của lò xo khi vật ở vị trí cân bằng (hình 88).

Xét khi m chuyển động, ở vị trí cách O một đoạn x. Thế năng của hệ sẽ bằng công do trọng lực và lực đàn hồi thực hiện khi m di chuyển từ vị trí đang xét trở về vị trí ban đầu (tức là trở về vị trí cân bằng O).



(Hình 88)

Ta có: $W_t = A_P + A_{dh} = -mgx + \dfrac{1}{2}k\left[(x_o + x)^2 - x_o^2\right]$

Hay $W_t = -mgx + \dfrac{1}{2}kx_o^2 + kxx_o + \dfrac{1}{2}kx^2 - \dfrac{1}{2}kx_o^2$ (2)

Từ 1) và (2) $\Rightarrow W_t = \dfrac{1}{2}kx^2$ (đpcm).

§37. ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN CƠ NĂNG

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Định luật bảo toàn cơ năng

a) Trường hợp trọng lực

Trong quá trình chuyển động, nếu vật chỉ chịu tác dụng của trọng lực, động năng có thể chuyển thành thế năng và ngược lại, nhưng tổng của chúng, tức là cơ năng của vật được bảo toàn (không đổi theo thời gian).

b) Trường hợp lực đàn hồi

Trong quá trình chuyển động, khi động năng của vật tăng thì thế năng đàn hồi của vật giảm và ngược lại, nhưng tổng của chúng, tức là cơ năng của vật được bảo toàn.

c) Trong trường lực thế bất kì

Phát biểu: Cơ năng của một vật chỉ chịu tác dụng của những lực thế luôn được bảo toàn.

2. Biến thiên cơ năng. Công của lực không phải lực thế

Khi vật chịu tác dụng của lực không phải lực thế, cơ năng của vật không bảo toàn và công của lực này bằng độ biến thiên cơ năng của vật.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

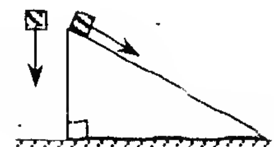
1. Hãy thành lập định luật bảo toàn cơ năng trong trường hợp trọng lực.

2. Hai vật giống nhau được thả cùng một lúc: Vật thứ nhất trượt trên mặt phẳng nghiêng, vật thứ hai rơi tự do như hình 89. Bỏ qua mọi ma sát và sức cản của không khí. Hỏi:

a) Hai vật có chạm đất cùng một lúc không?

b) Khi chạm đất, hai vật có cùng động năng không?

c) Ở thời điểm nào hai vật có cùng cơ năng?



(Hình 89)

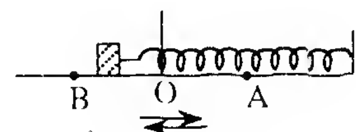
3. a) Một vật rơi không vận tốc đầu từ độ cao h xuống đất.

Hãy sử dụng định luật bảo toàn cơ năng để chứng tỏ rằng, vận tốc tức thời lúc chạm đất cho bởi: $v = \sqrt{2gh}$.

b) Một vật được ném lên thẳng đứng từ mặt đất với vận tốc đầu v_0.

Hãy sử dụng định luật bảo toàn cơ năng để chứng tỏ rằng độ cao đạt được cho bởi: $h = \frac{v_0^2}{2g}$.

4. Trong quá trình dao động trên mặt phẳng ngang không ma sát của vật gắn một đầu vào một lò xo đàn hồi ở hai bên vị trí cân bằng O, giữa A và B (hình 90).



(Hình 90)

a) Ở vị trí nào động năng cực đại? Thế năng cực đại?

b) Trong quá trình nào thế năng chuyển hóa thành động năng và ngược lại?

5. Một búa máy đang đóng cọc móng của một chiếc cầu sắp xây. Búa máy rơi từ độ cao h xuống đầu cọc, sau khi va chạm với đầu cọc, búa nảy lên một đoạn $h' < h$ và cọc bị lún xuống đất một đoạn Δl. Hãy phân tích quá trình chuyển hoá năng lượng trong trường hợp này.

6. Một hòn bi có khối lượng 80g được ném thẳng đứng lên cao với vận tốc 6m/s từ độ cao 1,2m so với mặt đất.

a) Tính trong hệ quy chiếu Trái Đất, các giá trị động năng, thế năng và cơ năng của hòn bi tại lúc ném vật.

b) Tìm độ cao cực đại mà bi đạt được.

7. Một vật được ném thẳng đứng lên cao với vận tốc 4m/s.

a) Tìm độ cao cực đại của nó.

b) Ở độ cao nào thì thế năng bằng động năng? Ở độ cao nào thì thế năng bằng một nửa động năng ? Lấy $g = 10m/s^2$.

8. Quả cầu nhỏ khối lượng m treo ở đầu một sợi dây chiều dài l, đầu trên của dây cố định. Kéo quả cầu ra khỏi vị trí cân bằng để dây treo lệch góc α_0 so với phương thẳng đứng rồi buông tay. Bỏ qua lực cản của không khí.

a) Thiết lập công thức tính vận tốc quả cầu khi dây treo hợp với phương thẳng đứng góc α và vận tốc cực đại của quả cầu khi chuyển động.

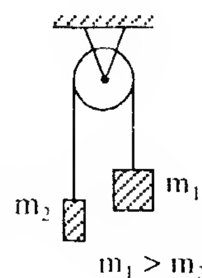
b) Thiết lập công thức tính lực căng của dây khi dây treo hợp với phương thẳng đứng góc α và lực căng cực đại của dây treo khi quả cầu chuyển động.

9. Một vật trượt không ma sát từ đỉnh một mặt phẳng dài 10m và nghiêng góc 30^o so với mặt phẳng nằm ngang. Vận tốc ban đầu bằng 0. Dùng định luật bảo toàn cơ năng, tính vận tốc của vật ở chân mặt phẳng nghiêng.

Lấy $g = 10m/s^2$.

10. Cho hệ cơ như hình 91. Dùng định luật bảo toàn cơ năng, xác định gia tốc của hệ. Bỏ qua ma sát, khối lượng ròng rọc và dây treo.

11. Một vật có khối lượng m = 1kg trượt không có vận tốc ban đầu từ đỉnh một mặt phẳng BC dài l = 10m, nghiêng góc $\alpha = 30^o$ so với mặt phẳng nằm ngang. Hệ số ma sát là k = 0,1. Tính vận tốc của vật khi nó đã đi được nửa đoạn đường bằng cách dùng định luật bảo toàn năng lượng.



(Hình 91)

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Xét vật có khối lượng m rơi tự do, lần lượt qua hai vị trí A và B tương ứng với các độ cao z_1 và z_2 như hình 92.

Áp dụng định lí động năng, công của trọng lực:

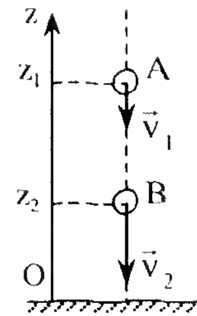
$$A_{12} = W_{đ2} - W_{đ1} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 \quad (1)$$

Công A_{12} cũng bằng độ giảm thế năng:

$$A_{12} = W_{t1} - W_{t2} = mgz_1 - mgz_2 \quad (2)$$

Từ (1) và (2) $\Rightarrow \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = mgz_1 - mgz_2$

Hay $\frac{1}{2}mv_1^2 + mgz_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgz_2$



(Hình 92)

Biểu thức trên cho thấy: Trong quá trình chuyển động, nếu vật chỉ chịu tác dụng của trọng lực, động năng có thể chuyển thành thế năng và ngược lại, nhưng tổng của chúng, tức là cơ năng của vật được bảo toàn.

2. a) Hai vật chạm đất cùng một lúc.

b) Khi chạm đất, hai vật có cùng vận tốc nên chúng có cùng động năng.

c) Tại thời điểm ban đầu, hai vật có cơ năng bằng nhau (mgh), do bỏ qua mọi ma sát và sức cản của không khí nên ở mọi thời điểm hai vật luôn có cùng cơ năng.

3. Chọn mốc tính thế năng tại mặt đất.

a) Cơ năng của vật ở độ cao h chỉ là thế năng: $W_t = mgh$.

Cơ năng của vật tại mặt đất chỉ là động năng: $W_đ = \frac{1}{2}mv^2$.

Theo định luật bảo toàn cơ năng: $mgh = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$.

b) Cơ năng của vật tại mặt đất chỉ là động năng: $W_đ = \frac{1}{2}mv_o^2$.

Cơ năng của vật ở độ cao cực đại h chỉ là thế năng: $W_t = mgh$ (vì ở độ cao cực đại vận tốc của vật bằng 0).

Theo định luật bảo toàn cơ năng: $mgh = \frac{1}{2}mv_o^2 \Rightarrow h = \frac{v_o^2}{2g}$.

4. a) Khi vật đi qua O, nó có động năng cực đại. Tại các vị trí A và B, vật có thế năng cực đại.

b) Trong quá trình vật chuyển động từ A về O và từ B về O, thế năng chuyển hóa thành động năng.

Trong quá trình vật chuyển động từ O đến A và từ O đến B, động năng chuyển hóa thành thế năng.

5. Khi ở độ cao h so với đầu cọc, búa có một thế năng nào đó. Khi rơi đến đầu cọc, thế năng chuyển hóa thành động năng, trong quá trình va chạm, động năng này chuyển thành động năng của cọc (làm cọc lún xuống) và động năng của búa (làm búa nảy lên), một phần động năng của búa chuyển hoá thành nhiệt làm nóng búa và cọc.

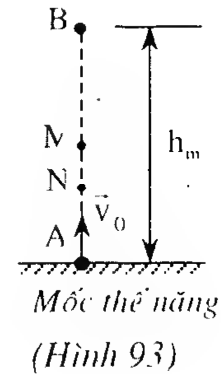
6. a) Động năng: $W_đ = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}.0,08.6^2 = 1,44J$.

– Thế năng: $W_t = mgz = 0,08.9,8.1,2 = 0,94J$.

– Cơ năng: $W_o = W_đ + W_t = 1,44 + 0,94 = 2,38J$.

b) Khi đạt độ cao cực đại : $W_o = mgz_{max} \Rightarrow z_{max} = \frac{W_o}{mg} = \frac{2,38}{0,08.9,8} = 3m$.

7. Chọn mốc thế năng tại vị trí ném (Hình 93).



Mốc thế năng

(Hình 93)

a) Cơ năng tại A : $W_A = \frac{1}{2}mv_o^2$.

Cơ năng tại B (điểm cao nhất) : $W_B = mgh_{max}$.

áp dụng định luật bảo toàn cơ năng :

$W_A = W_B \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_0^2 = mgh_{max}$

$\Rightarrow h_{max} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{4^2}{2.10} = 0,8m$.

b) Gọi h' là độ cao tại M mà tại đó thế năng bằng động năng.

Ta có : $W_M = W_{đM} + W_{tM} = 2mgh'$.

Theo định luật bảo toàn cơ năng: $W_M = W_B$

$\Leftrightarrow 2mgh' = mgh_{max} \Rightarrow h' = \frac{h_{max}}{2} = 0,4m$.

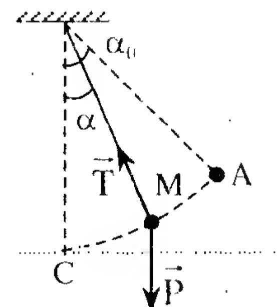
Gọi h'' là độ cao tại N mà tại đó thế năng bằng nửa động năng.

Ta có : $W_N = W_{đN} + W_{tN} = 2W_{tN} + W_{tN} = 3W_{tN} = 3mgh''$.

Theo định luật bảo toàn cơ năng : $W_N = W_B$

$\Leftrightarrow 3mgh'' = mgh_{max} \Rightarrow h' = \frac{h_{max}}{3} = \frac{0,8}{3}m$.

8. a) Chọn gốc thế năng trọng trường tại C (Hình 94).



(Hình 94)

Theo định luật bảo toàn cơ năng: $W_A = W_M$.

$\Leftrightarrow 0 + mgl(1 - \cos\alpha_o) = \frac{1}{2}mv^2 + mgl(1 - \cos\alpha)$

Vận tốc của m tại một điểm trên quĩ đạo (ứng với góc lệch α: $v = \sqrt{2gl(\cos\alpha - \cos\alpha_o)}$

Vận tốc v sẽ đạt cực đại khi cosα = 1 hay α = 0:

$$v_{max} = \sqrt{2gl(1 - \cos\alpha_o)}$$

b) Phương trình chuyển động của m: $\vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}$.

Chiếu phương trình lên phương bán kính đi qua M, chiều dương hướng vào điểm treo: $-P\cos\alpha + T = m\frac{v^2}{\ell} \Rightarrow T = mg\cos\alpha + m\frac{v^2}{\ell}$.

Thay $v = \sqrt{2g\ell(\cos\alpha - \cos\alpha_o)}$ vào phương trình của T ta được:

Lực căng dây tại M (ứng với góc lệch α : $T = mg(3\cos\alpha - 2\cos\alpha_o)$.

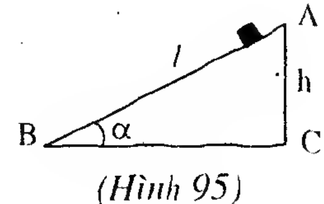
Lực căng T đạt cực đại khi $\cos\alpha = 1$ hay $\alpha = 0$: $T = mg(3 - 2\cos\alpha_o)$.

9. Chọn mốc thế năng tại B (Hình 95).

Chuyển động không có ma sát nên : $W_A = W_B$

Cơ năng tại A: $W_A = W_{dA} + W_{tA} = mgh = mgl\sin\alpha$.

Cơ năng tại B: $W_B = W_{dB} + W_{tB} = \frac{1}{2}mv^2$.



(Hình 95)

$\Rightarrow mgl\sin\alpha = \frac{1}{2}mv^2 = v = \sqrt{2g\ell\sin\alpha} = 10m/s$.

10. Chọn mốc thế năng là vị trí ban đầu của mỗi vật.

Cơ năng ban đầu của hệ $W_1 = 0$.

Tại thời điểm t, m_1 đi xuống và m_2 đi lên một đoạn s, vận tốc các vật là v.

Cơ năng của hệ: $W_2 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2 + m_2gs - m_1gs$.

Cơ năng bảo toàn nên $W_1 = W_2$ tức là: $\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2 + m_2gs - m_1gs = 0$.

Chú ý rằng: $v^2 = 2as$ (với a là gia tốc), ta có:

$\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2 + (m_2 - m_1)\frac{v^2}{2a}g = 0 \Rightarrow$ Gia tốc $a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}g$

11. Chọn mốc thế năng tại C.

Cơ năng tại B : $W_B = mgh_B$.

Cơ năng tại M : $W_M = mgh_M + \frac{1}{2}mv_M^2$.

Công của lực ma sát : $A = f_{ms}.\frac{\ell}{2}$

Định luật bảo toàn năng lượng : $mgh_B = mgh_M + \frac{1}{2}mv_M^2 + f_{ms}\frac{\ell}{2}$

$\Leftrightarrow mgl\sin30^0 = mg\frac{\ell}{2}\sin 30^0 + \frac{1}{2}mv_M^2 + kmg\cos 30^0\frac{\ell}{2}$

Thay số ta suy được $v_M = 6,43$ m/s.

§38-39. VA CHẠM ĐÀN HỒI VÀ KHÔNG ĐÀN HỒI. BÀI TẬP VỀ CÁC ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Phân loại va chạm

Va chạm là một quá trình tương tác đặc biệt giữa hai vật, có những tính chất sau: Thời gian tương tác rất ngắn (cỡ 10^{-3}s), lực tương tác có độ lớn đáng kể, ngay sau va chạm, vị trí của hai vật chưa kịp biến đổi nhưng vận tốc của hai vật biến đổi.

Ta chỉ xét hai loại va chạm đơn giản sau:

a) Va chạm đàn hồi (va chạm xuyên tâm)

Va chạm đàn hồi có các đặc điểm sau: Trước và sau va chạm, các vật đều chuyển động trên một đường thẳng duy nhất. Trong va chạm đàn hồi, tổng động lượng của hai vật trước và sau va chạm bằng nhau, tổng động năng của hai vật trước và sau va chạm bằng nhau.

b) Va chạm mềm

Va chạm mềm có những đặc điểm sau: Sau va chạm hai vật nhập vào nhau làm một, chuyển động có cùng vận tốc. Trong va chạm mềm, tổng động lượng của hai vật trước và sau va chạm bằng nhau, một phần động năng của vật chuyển hóa thành dạng năng lượng khác.

2. Va chạm đàn hồi trực diện

Xét hai vật được coi là hai chất điểm có khối lượng m_1 và m_2 chuyển động trên một đường thẳng nằm ngang không ma sát đến va chạm với nhau.

Gọi $\vec{v}_1$, $\vec{v}'_1$, $\vec{v}_2$, $\vec{v}'_2$ là các véctơ vận tốc của các vật trước và sau va chạm; v_1, v'_1, v_2, v'_2 là các giá trị đại số của chúng. Áp dụng định luật bảo toàn động lượng theo phương ngang và chú ý rằng động năng của hệ bảo toàn ta được kết quả sau: $v'_1 = \dfrac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2}$; $v'_2 = \dfrac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2}$.

3. Va chạm mềm

Xét hai vật được coi là hai chất điểm có khối lượng m_1 và m_2 chuyển động trên một đường thẳng nằm ngang không ma sát đến va chạm mềm với nhau. Áp dụng định luật bảo toàn động lượng ta thu được kết quả sau:

Gọi $\vec{v}_1$, $\vec{v}'_1$, $\vec{v}_2$, $\vec{v}'_2$ là các véctơ vận tốc của các vật trước và sau va chạm; v_1, v'_1, v_2, v'_2 là các giá trị đại số của chúng thì: $v'_1 = v'_2 = \dfrac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2}$

Trong va chạm mềm, động năng của hệ giảm đi một lượng, lượng này chuyển hóa thành các dạng năng lượng khác như nhiệt toả ra chẳng hạn.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hãy cho biết va chạm đàn hồi và va chạm mềm khác nhau ở những điểm nào?.

2. Một học sinh cho rằng vì thời gian diễn ra va chạm là rất ngắn nên trong tất cả các va chạm nói chung, động năng của hệ được bảo toàn. Theo em phát biểu như thế có chính xác không? Tại sao?

3. Một quả cầu có khối lượng m = 0,4kg chuyển động với vận tốc v = 8m/s trên mặt phẳng nằm ngang. Sau khi va vào một vách cứng, nó bị bật trở lại với cùng vận tốc $v' = v$. Tính độ biến thiên động lượng của quả cầu trong quá trình va chạm, từ đó suy ra xung lực (hướng và độ lớn) của vách tác dụng lên quả cầu nếu thời gian va chạm là 0,025s.

4. Bắn một viên đạn có khối lượng m = 20g với vận tốc v cần xác định vào một túi cát được treo nằm yên có khối lượng M = 1,6kg, đạn mắc lại trong túi cát và chuyển động cùng với túi cát. Sau va chạm, túi cát được nâng lên đến độ cao 0,6m so với vị trí cân bằng ban đầu (hình 96). Hãy tìm vận tốc của đạn (túi cát được gọi là con lắc thử đạn vì nó cho phép xác định vận tốc của đạn).

đạn
h
túi cát

(Hình 96)

5. Quả cầu khối lượng $m_1 = 3$kg chuyển động với vận tốc 1m/s va chạm xuyên tâm với quả cầu $m_2 = 2$kg đang chuyển động ngược chiều với vận tốc 3m/s. Tìm vận tốc các quả cầu sau va chạm, nếu va chạm là :

   a) Hoàn toàn đàn hồi.

   b) Va chạm mềm. Tính nhiệt lượng toả ra trong va chạm, coi rằng toàn bộ độ tăng nội năng của hệ đều biến thành nhiệt.

6. Một vật rơi không vận tốc đầu từ độ cao 60m. Xác định độ cao mà tại đó vật có động năng bằng 1/4 cơ năng. Lấy g = 10m/s^2.

7. Quả cầu khối lượng m = 0,25kg gắn ở đầu một lò xo nằm ngang, đầu kia của lò xo cố định, độ cứng của lò xo k = 100N/m. Quả cầu có thể chuyển động không ma sát trên mặt phẳng ngang. Từ vị trí cân bằng, người ta kéo quả cầu cho lò xo giãn ra đoạn x_0 = 4cm rồi buông tay.

   a) Tìm biểu thức xác định vận tốc của quả cầu khi nó ở cách vị trí cân bằng một đoạn x với $|x| < x_0$.

   b) Tính vận tốc cực đại của quả cầu trong quá trình chuyển động. Vận tốc này đạt ở vị trí nào?

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Trong va chạm đàn hồi, trước và sau va chạm, các vật đều chuyển động trên một đường thẳng duy nhất, tổng động lượng của hai vật trước và sau va chạm bằng nhau, tổng động năng của hai vật trước và sau va chạm bằng nhau.

Trong va chạm mềm, sau va chạm hai vật dính lại với nhau, chuyển động có cùng vận tốc; tổng động lượng của hai vật trước và sau va chạm bằng nhau, một phần động năng của vật chuyển hóa thành dạng năng lượng khác.

2. Phát biểu như thế là không đúng.

Xét hệ hai vật có khối lượng m_1, m_2 chuyển động với vận tốc v_1, v_2 đến va chạm mềm với nhau. Vận tốc sau va chạm là v.

Động năng của hệ trước va chạm: $W_{đ} = \frac{1}{2}m_1 v_1^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2^2$. Theo định luật bảo toàn động lượng, vận tốc ngay sau va chạm là: $v = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{(m_1 + m_2)}$.

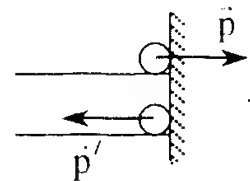
Động năng của hệ: $W_{đII} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2 = \frac{1}{2}\frac{(m_1v_1 + m_2v_2)^2}{m_1 + m_2}$.

Độ biến thiên động năng của hệ:

$$\Delta W_{đ} = W_{đII} - W_{đI} = \frac{1}{2}\frac{(m_1v_1 + m_2v_2)^2}{m_1 + m_2} - \frac{1}{2}m_1 v_1^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2^2$$

$\Delta W_{đ} = -\frac{1}{2}\frac{m_1 + m_2}{m_1 + m_2}(v_1 - v_2)^2 < 0$. Điều này chứng tỏ trong va chạm mềm giữa hai vật, động năng không bảo toàn.

3. Gọi động lượng trước và sau khi va chạm $\vec{p}$ và $\vec{p}'$.



(Hình 97)

Ta có : $\vec{p} = m\vec{v}$; $\vec{p}' = m\vec{v}'$.

Các vectơ được biểu diễn trên hình 97.

Độ biến thiên động lượng : $\Delta\vec{p} = \vec{p}' - \vec{p}$

Chọn chiều dương là chiều chuyển động ban đầu của quả cầu (theo hướng vận tốc $\vec{v}$), về độ lớn ta có:

$$\Delta p = -mv' - mv = -2mv = -2.0,4.8 = -12,8kg.m/s.$$

$\Delta\vec{p}$ cùng hướng với $\vec{v}'$. Lực tác dụng trong thời gian Δt rất nhỏ gọi là xung lực, theo đó ta có: $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{-12,8}{0,025} = -512N$.

4. Gọi v_0 là vận tốc của túi cát và đạn ngay sau va chạm, theo định luật bảo toàn động lượng ta có: $mv = (M + m)v_0$ (*)

Xét hệ đạn + túi cát sau va chạm. Chọn mốc tính thế năng tại vị trí cân bằng. Cơ năng tại vị trí cân bằng: $W_0 = \frac{1}{2}(M + m)v_0^2$

Cơ năng của hệ ở độ cao h = 0,6m : $W_h = (M + m)gh$.

Theo định luật bảo toàn cơ năng: $\frac{1}{2}(M + m)v_o^2 = (M + m)gh$

$$\Rightarrow v_o = \sqrt{2gh} = \sqrt{2.10.0,6} = 3,46 \text{ m/s}$$

Từ (*) ⇒ vận tốc của đạn : $v = \frac{M+m}{m}v_o = \frac{1,6+0,02}{0,02}.3,46 = 280,26\text{m/s}$.

5. a) Áp dụng kết quả lí thuyết. Vận tốc các quả cầu sau va chạm:

$$v_1' = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2} = \frac{(3-2).1 + 2.2.(-3)}{3+2} = -2,2\text{m/s}.$$

$$v_2' = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2} = \frac{(2-3).(-3) + 2.3.1}{3+2} = 1,8 \text{ m/s}.$$

b) Va chạm **mềm, xuyên** tâm, Vận tốc của các quả cầu sau va chạm :

$$v' = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2} = \frac{(3).1 + 2.(-3)}{3+2} = -0,6\text{m/s}.$$

Nhiệt lượng tỏa ra trong va chạm :

$$Q = W_d - W_d' = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v'^2 - \frac{1}{2}m_1v_1^2 - \frac{1}{2}m_2v_2^2$$

Thay số ta được Q = 9,6J.

6. Cơ năng ban đầu của vật chỉ là thế năng: W = mgh.

Tại độ cao h', khi động năng bằng 1/4 cơ năng ($W_d = \frac{W}{4}$) thì thế năng bằng $\frac{3}{4}$ cơ năng, tức $W_t' = mgh' = \frac{3mgh}{4} \Rightarrow h' = \frac{3h}{4} = \frac{3.60}{4} = 45\text{m}$.

7. Khi kéo quả cầu lệch khỏi vị trí cân bằng một đoạn $x_o = 2\text{cm}$ ta đã cung cấp cho quả cầu một thế năng đàn hồi $W_o = \frac{1}{2}kx_o^2$.

Tại vị trí có độ lệch x, vật vừa có động năng, vừa có thế năng đàn hồi, cơ năng của vật: $W = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$.

a) Theo định luật bảo toàn cơ năng: $W = W_o \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kx_o^2$.

⇒ Vận tốc của vật: $v = \sqrt{\frac{k}{m}(x_o^2 - x^2)}$.

b) Vận tốc của vật đạt cực đại khi x = 0 tức là khi vật đi qua vị trí cân bằng:

$$v_{max} = \sqrt{\frac{k}{m}x_o^2} = \sqrt{\frac{100}{0,25}.0,04^2} = 0,8\text{m/s}.$$

§40. CÁC ĐỊNH LUẬT KÊPLE. CHUYỂN ĐỘNG CỦA VỆ TINH

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Các định luật Kêple

a) Định luật Kêple I: (Về quỹ đạo)

Mọi hành tinh đều chuyển động trên các quỹ đạo hình elip trong đó Mặt Trời nằm tại một tiêu điểm.

b) Định luật Kêple II: (Về tốc độ diện tích quét)

Đoạn thẳng nối Mặt Trời và một hành tinh bất kì quét những diện tích bằng nhau trong những khoảng thời gian như nhau.

c) Định luật Kêple III (về chu kì)

Tỉ số giữa lập phương bán trục lớn và bình phương chu kì quay là giống nhau cho mọi hành tinh quay quanh Mặt Trời.

Biểu thức: $\frac{a_1^3}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{T_2^2} = ... = \frac{a_i^3}{T_i^2} = ...$

Hay đối với hai hành tinh bất kì: $\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$

2. Vệ tinh nhân tạo. Tốc độ vũ trụ

– Một vật chuyển động quanh Trái Đất dưới tác dụng của lực hấp dẫn của Trái Đất gọi là vệ tinh nhân tạo của Trái Đất.

– Vận tốc cần thiết để đưa một vệ tinh lên quỹ đạo quanh Trái Đất mà không rơi trở về Trái Đất gọi là vận tốc vũ trụ cấp I: $v_I = 7{,}9$km/s.

– Nếu vận tốc lớn hơn 7,9km/s thì vệ tinh sẽ chuyển động theo một quỹ đạo elip và khi đạt tới giá trị $v_{II} = 11{,}2$km/s (gọi là vận tốc vũ trụ cấp II) thì vệ tinh sẽ đi xa khỏi Trái Đất theo một quỹ đạo parabol và trở thành hành tinh nhân tạo của Mặt Trời.

– Nếu tăng vận tốc phóng vệ tinh đến giá trị $v_{III} = 16{,}7$km/s (gọi là vận tốc vũ trụ cấp III) thì vệ tinh có thể thoát ra khỏi hệ Mặt Trời.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Xung quanh Mặt Trời có 9 hành tinh, trong đó có Trái Đất. Mặt Trời giữ vị trí trung tâm, dưới tác dụng của lực hấp dẫn của Mặt Trời, các hành tinh quay xung quanh Mặt Trời theo chiều thuận (ngược chiều kim đồng hồ). Hãy nêu tên của các hành tinh nói trên và cho biết sao Hôm và sao Mai có phải là hai hành tinh riêng biệt không?
2. Từ định luật II Kêple hãy suy ra hệ quả: Khi đi gần Mặt Trời hành tinh có vận tốc lớn; khi đi xa Mặt Trời hành tinh có vận tốc nhỏ.

3. Từ định luật Kêple III hãy suy ra hệ quả: Khoảng cách từ một hành tinh đến Mặt Trời thì tỉ lệ nghịch với căn bậc hai của vận tốc của hành tinh đó tại mỗi vị trí trên quỹ đạo: $\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{v_2}{v_1}}$.

Kết quả này phù hợp với nội dung định luật Kêple II. Nó có mâu thuẫn với công thức $v = \omega R$ của chuyển động tròn hay không?

4. Trong hệ quy chiếu nhật tâm, tâm của Trái Đất khi quay quanh Mặt Trời vẽ quỹ đạo gần tròn có bán kính trung bình bằng 150 triệu km.

a) Tìm chu kì chuyển động của Trái Đất.

b) Trong một chu kì, tâm Trái Đất đi được quãng đường bằng bao nhiêu?

c) Tìm vận tốc trung bình của tâm Trái Đất.

5. Chứng minh rằng nếu một hành tinh có kích thước bằng $\frac{1}{4}$ kích thước Trái Đất và có khối lượng bằng 1/16 khối lượng Trái Đất, thì gia tốc trọng trường trên hành tinh đó bằng gia tốc trọng trường tại mặt đất (g).

6. Từ định luật III Kêple, có thể suy ra cách tính khối lượng của Mặt Trời hoặc khối lượng của một hành tinh có vệ tinh như thế nào?

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Các hành tinh đó gồm: Sao Thủy, sao Kim, Trái Đất, sao Hỏa, sao Mộc, sao Thổ, sao Thiên Vương, sao Hải Vương và sao Diêm Vương.

Sao Hôm, sao Mai thực chất chỉ là một hành tinh, chúng chính là sao Kim.

2. Theo định luật II Kêple thì đoạn thẳng nối Mặt Trời và một hành tinh bất kì quét những diện tích bằng nhau trong những khoảng thời gian như nhau.

Theo đó, với cùng diện tích quét như nhau, càng xa Mặt Trời thì quãng đường chuyển động của hành tinh càng nhỏ, càng gần Mặt Trời quãng đường đi càng lớn. Thời gian hành tinh chuyển động trên các quãng đường này là như nhau nên vận tốc chuyển động của hành tinh sẽ càng lớn nếu nó chuyển động gần Mặt Trời và ngược lại.

3. Theo định luật Kêple III thì: $\frac{R_1^3}{T_1^2} = \frac{R_2^3}{T_2^2}$. Chú ý rằng $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi R}{v}$ nên biểu thức định luật Kêple III có thể viết là:

$$\frac{R_1^3}{\frac{4\pi^2 R_1^2}{v_1^2}} = \frac{R_2^3}{\frac{4\pi^2 R_2^2}{v_2^2}} \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{v_2}{v_1}}.$$

Kết quả này không mâu thuẫn với công thức $v = \omega R$ vì theo trên, công thức này được áp dụng cho mối quan hệ giữa v và ω của cùng một chuyển động.

4. a) Chu kì chuyển động của Trái Đất quanh mặt trời là 1 năm, tức là:

$$T = 365,25.24.3600 = 3,16.10^7 s.$$

b) Trong 1 chu kì tâm Trái đất đi được quãng đường bằng chu vi hình tròn có bán kính là 150 triệu km: $s = 2\pi R = 2.3,14.150.10^6 = 9,42.10^8$ km.

c) Vận tốc trung bình: $v_{tb} = \dfrac{s}{T} = \dfrac{9,42.10^8}{3,16.10^7} = 29,8$ km/s.

5. Ta biết gia tốc trọng trường: $g = \dfrac{F_{hấpdẫn}}{m}$.

Tại Mặt đất: $g_đ = \dfrac{GM_đ}{R_đ^2}$; Tại hành tinh đang xét: $g_{ht} = \dfrac{GM_{ht}}{R_{ht}^2}$.

Lập tỉ số: $\dfrac{g_{ht}}{g_đ} = \left(\dfrac{R_đ}{R_{ht}}\right)^2 . \dfrac{M_{ht}}{M_đ} = \left(\dfrac{R_đ}{\frac{1}{4}R_đ}\right)^2 . \dfrac{M_đ}{16M_đ} = 1 \Rightarrow g_{ht} = g_đ$ (đpcm).

6. Gọi m là khối lượng của hành tinh của Mặt Trời, M là khối lượng Mặt Trời, T là chu kì quay của hành tinh quanh Mặt Trời. Coi quỹ đạo của hành tinh quanh Mặt Trời gần đúng là tròn.

Theo định luật III Kêple, đối với 1 hành tinh thì $\dfrac{a^3}{T^2} \approx \dfrac{R^3}{T^2} = K$ = hằng số.

Ta cần tìm hằng số K để từ đó suy ra khối lượng Mặt Trời.

Gia tốc hướng tâm của hành tinh quanh Mặt Trời:

$$a_{ht} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R = \frac{4\pi^2}{T^2} R$$

Lực hấp dẫn giữa Mặt Trời và hành tinh gây ra gia tốc hướng tâm:

$$F_{hd} = ma_{ht} \text{ Hay } G\frac{mM}{R^2} = m\frac{4\pi^2}{T^2}R \Rightarrow \frac{R^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2} = K$$

$\Rightarrow$ Khối lượng Mặt Trời: $M = \dfrac{4\pi^2 R^3}{GT^2}$.

* Suy rộng cho hành tinh có vệ tinh:
Ta vẫn dùng công thức trên nhưng trong đó: M là khối lượng của hành tinh, R là bán kính quỹ đạo của vệ tinh quanh hành tinh, T là chu kì quay của vệ tinh, G là hằng số hấp dẫn.

Chương 5. CƠ HỌC CHẤT LỎNG

§41. ÁP SUẤT THỦY TĨNH. NGUYÊN LÍ PAXCAN

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Áp suất chất lỏng

Chất lỏng có đặc tính là nén lên các vật nằm trong nó và do đó gây ra áp suất tại mọi điểm trong chất lỏng.

– Tại mỗi điểm của chất lỏng, áp suất theo mọi phương là như nhau.

– Áp suất tại những điểm có độ sâu khác nhau thì khác nhau.

– Trong hệ SI, đơn vị đo áp suất là Niutơn trên mét vuông (N/m^2), còn gọi là Paxcan (Pa): $1Pa = 1N/m^2$.

Ngoài ra còn dùng: atm, Torr, bar:

$1\ atm = 1{,}013.10^5\ Pa$.

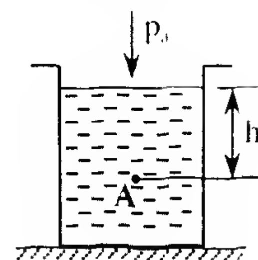
$1\ Torr = 133{,}3\ Pa$.

$1bar = 10^5\ Pa$; $1mb = 10^{-3}\ bar = 10^2\ N/m^2$

2. Sự thay đổi của áp suất chất lỏng theo độ sâu. Áp suất thủy tĩnh

Xét áp suất tại một điểm A nằm trong chất lỏng cách mặt thoáng chất lỏng một khoảng h. Gọi D là khối lượng riêng của chất lỏng, p_a là áp suất khí quyển tác dụng lên mặt thoáng của chất lỏng (hình 98), khi đó áp suất tại A là: $p = p_a + \rho gh$.

p còn gọi là áp suất thủy tĩnh hay áp suất tĩnh.



(Hình 98)

3. Định luật Paxcan

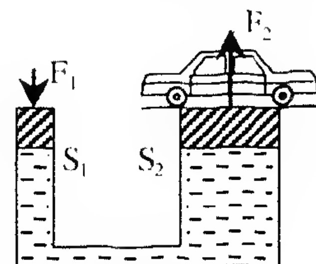
Độ tăng áp suất lên một chất lỏng chứa trong bình kín được truyền nguyên vẹn cho mọi điểm của chất lỏng và của thành bình.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Tại sao chất lỏng có thể truyền áp suất theo mọi hướng, còn chất rắn thì không có tính chất đó?

2. Một người đổ nước từ một cái cốc sang một cái ca có đáy lớn hơn. Biết cốc và ca đều có dạng hình trụ, hỏi áp suất tác dụng lên đáy nào lớn hơn: Đáy cốc hay đáy ca? Hãy giải thích?

3. Một trong những ứng dụng quan trọng của định luật Paxcan trong thực tế là việc chế tạo ra máy dùng chất lỏng như hình 99. Hãy giải thích nguyên tắc hoạt động của máy dùng chất lỏng nói trên.



(Hình 99)

4. Từ công thức: $p - p_o = Dgh$ (p_o là áp suất khí quyển, D là khối lượng riêng của chất lỏng, g là gia tốc trọng trường và h là độ cao từ điểm đang xét đến mặt thoáng của chất lỏng), hãy suy ra:

a) Càng xuống sâu thì áp suất chất lỏng càng tăng.

b) Tại những điểm của chất lỏng trên cùng mặt phẳng ngang, áp suất bằng nhau.

c) Khi có nhiều bình thông với nhau chứa cùng một chất lỏng cân bằng thì mặt thoáng của chất lỏng trong các bình ấy cùng nằm trong một mặt phẳng nằm ngang (nguyên tắc bình thông nhau).

5. Hãy tính áp suất tuyệt đối p ở độ sâu 650m dưới mực nước biển.

Cho khối lượng riêng của nước biển là $1,0.10^3 kg/m^3$ và áp suất khí quyển là $p_a = 1,01.10^5 N/m^2$. Lấy $g = 10m/s^2$.

6. Tính áp lực tác dụng lên mặt kính cửa sổ nhỏ của một tàu ngầm ở độ sâu 20m. Biết rằng cửa sổ hình tròn bán kính 18cm; khối lượng riêng của nước biển là 10^3 kg/m^3; áp suất khí quyển $p_a = 1,01.10^5$ N/m^2. Lấy $g = 10m/s^2$.

7. Một cái ống hình trụ, chứa một lượng nước và lượng thủy ngân cùng khối lượng. Độ cao tổng cộng của chất lỏng trong cốc là H = 80cm. Tính áp suất của các chất lỏng lên đáy ống, biết khối lượng riêng của nước và của thủy ngân lần lượt là $D_1 = 1g/cm^3$ và $D_2 = 13,6g/cm^3$.

8. Một máy nâng thủy lực dùng không khí nén lên một pittông có bán kính 5cm. Áp suất được truyền sang một pittông khác có bán kính 30cm. Hỏi khí nén phải tạo ra một lực ít nhất là bao nhiêu để nâng một ôtô có trọng lượng 16500N. Áp suất khí nén khi đó bằng bao nhiêu?

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Sở dĩ chất lỏng có thể truyền áp suất theo mọi hướng, còn chất rắn thì không có tính chất đó vì chất lỏng có tính linh động còn chất rắn thì không. Chất rắn chỉ truyền áp suất theo hướng của áp lực.

2. Áp suất tác dụng lên đáy cốc lớn hơn, vì cốc có diện tích đáy nhỏ hơn nên độ cao của cột nước trong cốc lớn hơn.

3. Gọi S_1 và S_2 lần lượt là tiết diện của pittông nhỏ và pittông lớn. Tác dụng lực F_1 lên pittông nhỏ thì lực tác dụng lên pittông lớn là F_2.

Theo định luật Paxcan thì: $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$ hay $F_2 = \frac{S_2}{S_1}F_1$.

Rõ ràng là nếu S_2 lớn hơn S_1 bao nhiêu lần thì ta thu được lực F_2 cũng lớn hơn F_1 bấy nhiêu lần.

4. a) Áp suất chất lỏng ở độ sâu h (so với mặt thoáng): $p = p_o + Dgh$

Rõ ràng khi càng xuống sâu thì h càng tăng và do đó p càng tăng.

b) Tại điểm A: $p_A = p_o + Dgh_A$; Tại điểm B: $p_B = p_o + Dgh_B$.

Nếu A và B nằm cùng trong mặt phẳng ngang thì $h_A = h_B \Rightarrow p_A = p_B$.

c) Các nhánh của bình thông nhau có đáy thông với nhau. Để tạo ra áp suất ở đáy bình như nhau thì độ sâu của đáy phải cách mặt thoáng trong các nhánh của bình thông nhau những khoảng bằng nhau, tức là mặt thoáng của chất lỏng trong các nhánh ấy cùng nằm trong một mặt phẳng nằm ngang.

5. Áp suất: $p = p_a + \rho gh$.

Thay số: $p = 1{,}01.10^5 + 10^3.10.650 = 66{,}01.10^5 N/m^3$.

6. Áp suất ở độ sâu h bằng : $p = p_a + \rho gh$

Thay số: $p = 1{,}01.10^5 + 10^3.10.120 = 13{,}01.10^5$ N/m.

Áp lực lên cửa sổ : $F = pS = p.\pi.r^2 = 13{,}01.10^5.3{,}14.0{,}18^2 = 1{,}32.10^5$ N.

7. Gọi h_1, h_2 là độ cao của cột nước và cột thủy ngân.

Ta có: $H = h_1 + h_2$ (1)

Khối lượng nước và thủy ngân bằng nhau: $Sh_1D_1 = Sh_2D_2$ (2)

Trong đó S là diện tích đáy bình.

Áp suất của nước và của thủy ngân lên đáy ống:

$$P = \frac{10.Sh_1D_1 + 10Sh_2D_2}{S} \text{ hay } P = 10(D_1h_1 + D_2h_2) \quad (3)$$

$$\text{Từ (2)} \Rightarrow \frac{D_1}{D_2} = \frac{h_2}{h_1} \Leftrightarrow \frac{D_1 + D_2}{D_2} = \frac{h_1 + h_2}{h_1} = \frac{H}{h_1}$$

$$\Rightarrow h_1 = \frac{D_2H}{D_1 + D_2} \text{ và } h_2 = \frac{D_1H}{D_1 + D_2}$$

$$\text{Thay } h_1, h_2 \text{ vào (3): } P = 10\left(D_1.\frac{D_2H}{D_1 + D_2} + D_2.\frac{D_1H}{D_1 + D_2}\right) = \frac{2D_1D_2H}{D_1 + D_2}.10$$

$$\text{Thay số: } P = \frac{2.1000.13600.0{,}8}{1000 + 13600}.10 = 14904{,}11 N/m^2.$$

8. Theo công thức về máy dùng chất lỏng, ta có : $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$.

$$\text{Lực khí nén nhỏ nhất : } F_1 = \frac{S_1}{S_2}F_2 = \frac{\pi R_1^2}{\pi R_2^2}F_2 = \frac{R_1^2}{R_2^2}F_2.$$

$$\text{Thay số: } F_1 = \frac{5^2}{30^2}.16500 = 458{,}3N.$$

$$\text{Áp suất khí nén: } p = \frac{F_1}{\pi R_1^2} = \frac{458{,}3}{3{,}14.0{,}05^2} = 58382{,}16Pa.$$

§42-43. ĐỊNH LUẬT BÉCNULI VÀ ỨNG DỤNG

I. TÓM TẮT LÍ THUYẾT

1. Chuyển động của chất lỏng lí tưởng

Chuyển động của chất lỏng lí tưởng thoả mãn các điều kiện sau:

– Chất lỏng không nhớt tức là bỏ qua mọi ma sát trong lòng chất lỏng.

– Vận tốc chảy nhỏ, chất lỏng chảy thành lớp, thành dòng và không có xoáy. Vận tốc ở mọi điểm của chất lỏng không đổi theo thời gian về độ lớn và hướng, tuy có thể khác nhau ở các điểm khác nhau.

– Chất lỏng đồng tính, không chịu nén, tức là khối lượng riêng của chất lỏng không đổi.

2. Đường dòng và ống dòng

a) Đường dòng

Khi chất lỏng chảy ổn định, mỗi phần tử của chất lỏng chuyển động theo một đường nhất định gọi là đường dòng. Các đường dòng không bao giờ giao nhau. Vận tốc của một phần tử chất lỏng tại một điểm có phương tiếp tuyến với đường dòng tại điểm đó và hướng theo dòng chảy. Tại các điểm khác nhau trên đường dòng, vận tốc của chất lỏng có thể khác nhau nhưng tại một điểm nhất định trên đường dòng thì vận tốc của chất lỏng không đổi.

b) Ống dòng

Ống dòng là một phần của chất lỏng chuyển động có mặt biên tạo bởi các đường dòng. Những đoạn ống dòng thẳng, các đường dòng được biểu diễn bằng các đường song song. Trong dòng chảy của chất lỏng, ở nơi có vận tốc càng lớn thì ta biểu diễn các đường dòng càng sít nhau.

3. Hệ thức giữa vận tốc và tiết diện ngang trong một ống dòng

a) Hệ thức

Xét một chất lỏng chảy trong một ống có tiết diện thay đổi. Gọi v_1 và v_2 là vận tốc chảy ở đoạn ống có tiết diện S_1 và S_2.

Giữa v_1, S_1, v_2, S_2 có hệ thức sau: $S_1v_1 = S_2v_2$.

b) Lưu lượng chất lỏng

Lưu lượng chất lỏng qua một tiết diện S ngang của ống là đại lượng đo bằng thể tích chất lỏng chảy qua S trong một đơn vị thời gian. Đơn vị của lưu lượng là mét khối trên giây (m^3/s).

4. Định luật Becnuli cho ống dòng nằm ngang

Trong một ống dòng nằm ngang, tổng áp suất tĩnh (p) và áp suất động ($\frac{1}{2}\rho v^2$) tại một điểm bất kì là một hằng số: $p + \frac{1}{2}\rho v^2 = const$.

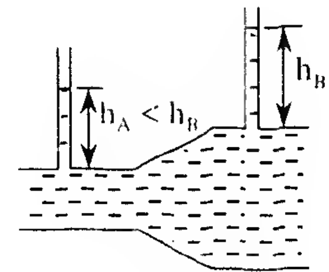
Trong đó $p_d = \frac{1}{2}\rho v^2$ là áp suất động; p là áp suất tĩnh thông thường.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Quan sát dòng nước chảy chậm từ vòi nước xuống dưới, ta thấy nước bị "thắt lại", tức là ở gần vòi tiết diện dòng nước lớn hơn tiết diện ở phía dưới. Tại sao?

2. Để nước từ trong ống có thể phun ra xa hơn, người ta thường bịt bớt ở đầu ống, chỉ để một lỗ nhỏ cho nước phun ra. Hãy giải thích cơ sở của cách làm trên.

3. Hãy đặt hai tờ giấy cho hai mặt song song gần nhau và thổi cho luồng khí qua khe giữa hai tờ giấy. Hiện tượng gì xảy ra? Hãy giải thích.



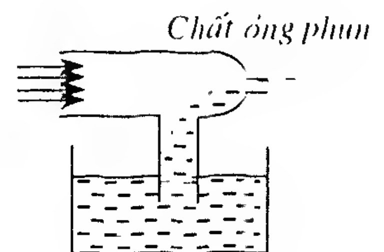
(Hình 100)

4. Dựa vào hiện tượng Venturi, giải thích hiện tượng mô tả trên hình 100.

5. Hãy nêu những hệ quả của định luật Becnuli.

6. Giải thích nguyên tắc bình xịt nước hoa hay bình xịt sơn: Dòng khí thổi qua một ống có dạng như hình 101 cắm vào một chất lỏng. Kết quả chất lỏng dâng lên và phun ra.

Chất ống phun


(Hình 101)

7. Lưu lượng nước trong một ống nằm ngang là $4m^3$/phút. Hãy xác định vận tốc của chất lỏng tại một điểm của ống có đường kính 21cm.

8. Một ống nước nằm ngang có đoạn bị thắt lại. Biết rằng áp suất bằng 6.10^4Pa tại một điểm có vận tốc 4,8m/s và tiết diện ống là S. Hỏi vận tốc và áp suất tại nơi có tiết diện $\frac{S}{4}$ bằng bao nhiêu?

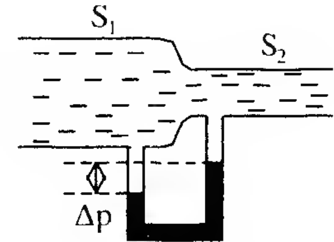
9. Một thùng chứa nước có một lỗ rò $1,4cm^2$ ở đáy thùng cách mặt nước 1,45m. Xác định khối lượng nước chảy qua lỗ trong 1 giây.

10. Mỗi cánh máy bay có diện tích là $27,5m^2$. Biết vận tốc dòng không khí ở phía dưới cánh là 36m/s còn ở phía trên cánh là 57m/s. Hãy xác định lực

nâng do hai cánh máy bay tạo ra khi máy bay chuyển động. Cho biết khối lượng riêng của không khí là 1,21kg/m^3.

11. Một người thổi không khí với tốc độ 12m/s ngang qua miệng một nhánh ống chữ U chứa nước. Hỏi độ chênh lệch mực nước giữa hai nhánh là bao nhiêu?

12. Để xác định lưu lượng chất lỏng hoặc khí (khối lượng chất ấy chảy qua một tiết diện của ống trong một giây) người ta dùng ống Venturi như hình 102 để đo hiệu các áp suất tĩnh $\Delta p = p_1 - p_2$ ở các tiết diện S_1 và S_2. Cho biết $S_1 = 0,2m^2$ và $S_2 = 0,1m^2$, $p = 150$ N/m^2, $\rho = 1000$ kg/m^3. Hãy tính lưu lượng chất lỏng hoặc khí.



(Hình 102)

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Khi nước chảy từ vòi xuống, vận tốc của nước tăng dần, nhưng lưu lượng nước tại mọi tiết diện ngang là như nhau. Như vậy, khi vận tốc tăng thì tiết diện ngang giảm đi.

2. Việc bịt bớt ở đầu ống, chỉ để một lỗ nhỏ có tác dụng làm giảm diện tích dòng chảy và do đó tăng vận tốc của dòng chảy khi chất lỏng chảy qua lỗ.

3. Khi thổi qua khe giữa hai tờ giấy, ta sẽ thấy chúng bị ép sát lại với nhau.

Giải thích: Khi thổi qua khe giữa hai tờ giấy, vận tốc khí giữa khe hai tờ giấy lớn hơn bên ngoài, làm cho áp suất động trong khoảng không gian giữa hai tờ giấy cũng lớn hơn áp suất động bên ngoài, điều đó dẫn đến áp suất tĩnh trong không gian giữa hai tờ giấy nhỏ hơn áp suất tĩnh bên ngoài, kết quả là áp lực từ bên ngoài tác dụng lên hai tờ giấy lớn hơn áp lực từ bên trong do đó hai tờ giấy bị ép sát vào nhau.

4. Theo kết luận về hiện tượng Venturi thì: Khi chất lỏng chảy trong một ống nằm ngang, chỗ nào có tiết diện càng lớn thì vận tốc chảy càng nhỏ và áp suất càng lớn; chỗ nào có tiết diện càng nhỏ thì vận tốc chảy càng lớn và áp suất càng nhỏ.

Trên hình vẽ : Tiết diện $S_A < S_B$ thì $v_A > v_B$.

Xét hai điểm A và B cùng trên đường thẳng nằm ngang trong ống.

Theo định luật Becnuli thì tổng áp suất động và áp suất tĩnh tại A và B như nhau. Vì $v_A > v_B$ nên áp suất động tại A lớn hơn tại B, do đó áp suất tĩnh tại A nhỏ hơn áp suất tĩnh tại B tức là: $mgh_A < mgh_B \Rightarrow h_A < h_B$.

5. – Công thức Tôrixenli về vận tốc chảy ở lỗ rò: $v = \sqrt{2gh}$.

– Hiện tượng Venturi: Khi chất lỏng chảy trong một ống nằm ngang, chỗ nào có tiết diện càng lớn thì vận tốc chảy càng nhỏ và áp suất càng lớn; chỗ nào có tiết diện càng nhỏ thì vận tốc chảy càng lớn và áp suất càng nhỏ.

– Hiệu ứng lực nâng (nguyên tắc cất cánh của máy bay): Cánh máy bay có tiết diện ngang có dạng khí động học. Khi cho một luồng gió thổi mạnh với vận tốc lớn thì áp suất ở phía trên nhỏ hơn áp suất ở phía dưới cánh máy bay, kết quả là xuất hiện một lực nâng cánh máy bay lên phía trên.

6. Khi có dòng khí thổi mạnh vào ống, tại vòi của bình xịt, áp suất động tăng làm cho áp suất tĩnh giảm. Kết quả là chất lỏng trong bình dâng lên, chuyển động đến nơi có áp suất thấp (vòi phun) và phun ra với vận tốc lớn (vì vòi phun có tiết diện nhỏ). Khi phun ra khỏi vòi phun, do có vận tốc lớn nên chất lỏng phun ra dưới dạng các hạt nhỏ (thường gọi là dưới dạng sương).

7. Lưu lượng $V = 4m^3/\text{phút} = \frac{1}{15}m^3/s$.

Từ $V = v\pi\frac{d^2}{4} \Rightarrow v = \frac{4V}{\pi d^2} = \frac{4.\frac{1}{15}}{3,14.0,21^2} = 1,92m/s$.

8. Áp dụng công thức $v_1S_1 = v_2S_2$ với $v_1 = 4,8m/s$; $S_1 = S$; $S_2 = \frac{S}{4}$

$\Rightarrow$ Vận tốc chất lỏng tại nơi có tiết diện $\frac{S}{4}$: $v_2 = 4v_1 = 4.4,8 = 19,2m/s$.

Theo định luật Becnuli ta có: $p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$

$\Rightarrow p_2 = p_1 - \frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2) = 6.10^4 - \frac{1}{2}10^3(4,8^2 - 19,2^2) = 23,28.10^4Pa$.

9. Khối lượng nước chảy qua lỗ rò trong 1 giây bằng lưu lượng nước chảy qua lỗ rò: $L = D.S.v$ (với D là khối lượng riêng của nước, S là tiết diện lỗ rò, v là vận tốc nước chảy qua lỗ rò). Theo công thức Tôrixenli: $v = \sqrt{2gh}$.

Theo đó ta có: $L = D.S.v = D.S\sqrt{2gh} = 10^3.0,00014\sqrt{2.10.1,2} = 0,68kg/s$.

10. Xét hai điểm A và B: A nằm trong dòng khí bên trên cánh máy bay, B nằm trong dòng khí phía dưới cánh máy bay. Theo định luật Becnuli ta có

$$p_A + \frac{1}{2}\rho v_A^2 = p_B + \frac{1}{2}\rho v_B^2 \Rightarrow p_B - p_A = \frac{1}{2}\rho(v_A^2 - v_B^2)$$

Lực nâng 2 cánh máy bay: $F = 2(p_B - p_A)S = \rho(v_A^2 - v_B^2)S$

Thay số: $F = 1,21(57^2 - 36^2).27,5 = 64986,08N$.

11. Độ chênh lệch mực nước giữa hai nhánh là do độ chênh lệch áp suất động ở miệng hai nhánh của ống. Vì chỉ thổi không khí ở một nhánh nên độ chênh lệch áp suất động bằng đúng áp suất động của nhánh đó (áp suất động nhánh kia bằng 0).

Ta có $\Delta p = \frac{1}{2}\rho_{kk}v^2$; độ chênh lệch mực nước giữa hai ống:

$$\Delta h = \frac{\Delta p}{\rho_n g} = \frac{1}{2}\frac{\rho_{kk}v^2}{\rho_n g} = \frac{1}{2}.\frac{1{,}21.12^2}{1000.9{,}8} = 0{,}0088\text{m} = 8{,}8\text{mm}.$$

12. Theo định luật Becnuli : $p_1 + \rho\frac{v_1^2}{2} = p_2 + \rho\frac{v_2^2}{2}$

Chú ý : $\Delta p = p_1 - p_2 \Rightarrow p_1 = p_2 + \Delta p$

Ta có : $\Delta p + p_2 + \rho\frac{v_1^2}{2} = p_2 + \rho\frac{v_2^2}{2} \Leftrightarrow 2\Delta p + \rho v_1^2 = \rho v_2^2$ (*)

Mặt khác : $S_1v_1 = S_2v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{S_1.v_1}{S_2} = 2v_1$

Thay vào (*) : $\Rightarrow 2\Delta p + \rho v_1^2 = \rho(2v_1^2) \Rightarrow v_1 = 1\text{m/s}$.

Lưu lượng chất lưu: $m = S_1v_1\rho = 0{,}2.1.1000 = 200\text{kg/s}$.

Phần hai. # NHIỆT HỌC

Chương 6. CHẤT KHÍ

§44. THUYẾT ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ CHẤT KHÍ. CẤU TẠO CHẤT

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Cấu trúc và tính chất của chất khí

Mỗi chất khí được tạo thành từ các phân tử giống hệt nhau. Mỗi phân tử có thể bao gồm một hay nhiều nguyên tử. Khi đựng trong bình kín, chất khí chiếm toàn bộ thể tích của bình chứa. Chất khí chịu nén tốt, khi tăng áp suất tác dụng lên một lượng khí thì thể tích của nó giảm đi đáng kể.

2. Lượng chất và mol

– Lượng chất chứa trong một vật được xác định theo số phân tử hay nguyên tử chứa trong vật ấy.

– Lượng chất đo bằng mol: 1 mol là lượng chất trong đó số phân tử hay nguyên tử bằng số nguyên tử chứa trong 12g cacbon 12.

– Số phân tử hay nguyên tử chứa trong 1mol của mọi chất đều có cùng một giá trị, gọi là số Avôgađrô, kí hiệu là: $N_A = 6{,}02.10^{23}\ mol^{-1}$.

– Khối lượng mol của một chất được đo bằng khối lượng của 1mol chất ấy. Khối lượng mol thường kí hiệu chữ μ.

– Thể tích mol của một chất được đo bằng thể tích của 1 mol chất ấy. ở điều kiện tiêu chuẩn (0^oC, 1atm) thể tích mol của mọi chất khí đều bằng 22,4lít.

Từ khối lượng mol (μ) và số Avôgađrô (N_A) có thể suy ra:

+ Khối lượng m_0 của 1 phân tử (hay nguyên tử) của một chất: $m_0 = \dfrac{\mu}{N_A}$.

+ Số mol (ν) chứa trong khối lượng m của một chất: $\nu = \dfrac{m}{\mu}$.

+ Số phân tử (N) chứa trong khối lượng m của một chất: $N = \nu N_A = \dfrac{m}{\mu} N_A$

3. Thuyết động học phân tử chất khí

– Chất khí bao gồm các phân tử, kích thước của phân tử nhỏ. Trong phần lớn các trường hợp có thể coi mỗi phân tử như một chất điểm.

– Các phân tử chuyển động hỗn loạn không ngừng (chuyển động nhiệt). Nhiệt độ càng cao thì vận tốc chuyển động càng lớn. Do chuyển động hỗn loạn, tại mỗi thời điểm, hướng vận tốc phân tử phân bố đều trong không gian.

– Khi chuyển động mỗi phân tử va chạm với các phân tử khác và với thành bình. Giữa hai va chạm, phân tử gần như tự do và chuyển động thẳng đều. Khi phân tử này va chạm với phân tử khác thì cả hai phân tử tương tác làm thay đổi phương chuyển động và vận tốc của từng phân tử. Khi rất nhiều phân tử va chạm với thành bình gây ra áp suất chất khí lên thành bình.

4. Cấu tạo phân tử của vật chất

Vật chất được cấu tạo từ những phân tử (hoặc nguyên tử). Phân tử chuyển động nhiệt không ngừng.

Ở thể khí, trong phần lớn thời gian các phân tử ở xa nhau, khi đó lực tương tác giữa các phân tử rất yếu, phân tử chuyển động hỗn loạn về mọi phía, do đó chất khí chiếm toàn bộ thể tích bình chứa, không có hình dáng và thể tích xác định.

Ở thể rắn và thể lỏng, mỗi phân tử luôn có những phân tử khác ở gần, ngoài ra các phân tử được sắp xếp theo một trật tự nhất định, có thêm liên kết với các phân tử lân cận nên các phân tử chỉ dao động quanh một vị trí cân bằng. Kết quả là chất rắn và chất lỏng có thể tích xác định.

Ở thể rắn, các vị trí cân bằng của phân tử là cố định nên mỗi vật rắn có hình dạng xác định.

Ở thể lỏng, vị trí cân bằng của các phân tử có thể dời chỗ sau khoảng thời gian trung bình vào cỡ 10^{-11}s nên chất lỏng không có hình dạng xác định mà có thể chảy, và do đó chất lỏng có hình dạng của phần bình chứa nó.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hãy giải thích:

   a) Tại sao chất khí lại có thể gây áp suất lên thành bình?

   b) Khi giữ nguyên thể tích nhưng tăng nhiệt độ thì áp suất của chất khí tăng hay giảm?

   c) Khi giữ nguyên nhiệt độ nhưng tăng thể tích thì áp suất chất khí tăng hay giảm?

2. Có mối liên hệ như thế nào giữa nhiệt độ và chuyển động hỗn loạn của phân tử? Tính chất hỗn loạn của chuyển động nhiệt của phân tử được thể hiện ở vận tốc như thế nào?

3. So sánh các thể khí, lỏng và rắn về các mặt sau đây:

   – Loại nguyên tử, phân tử.

   – Tương tác nguyên tử, phân tử.

   – Chuyển động nguyên tử, phân tử.

4. Tại sao có thể sản xuất được thuốc viên bằng cách nghiền nhỏ dược phẩm rồi cho vào khuôn nén mạnh? Nếu bẻ đôi viên thuốc rồi dùng tay ép sát hai mảnh lại thì hai mảnh không thể dính liền với nhau được. Tại sao?

5. Dựa vào bảng ghi khối lượng mol, hãy so sánh khối lượng phân tử của các khí H_2, O_2 và N_2.

6. Một bình kín chứa $N = 4,515.10^{23}$ phân tử khí Hêli.

a) Tính khối lượng khí Hêli chứa trong bình.

b) Biết nhiệt độ khí trong bình là 0^oC và áp suất khí trong bình là 1 atmôtphe ($1,013.10^5$Pa). Hỏi thể tích của bình là bao nhiêu?

7. Một cái cốc chứa 32g nước. Tính số phân tử H_2O có trong cốc.

8. Ở nhiệt độ 0^oC và áp suất 760mmHg, 22,4lít khí ôxi chứa $6,02.10^{23}$ phân tử ôxi. Hỏi thể tích riêng của các phân tử ôxi nhỏ gấp bao nhiêu lần thể tích của bình chứa? Coi phân tử ôxi như một quả cầu bán kính 10^{-10}m.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. a) Trong quá trình chuyển động hỗn độn, các phân tử khí va chạm nhau và va chạm lên thành bình. Mỗi phân tử tác động lên thành bình một lực rất nhỏ, nhưng vì số phân tử khí rất lớn nên cùng một lúc có vô số các phân tử va chạm với thành bình nên áp lực do khí tác dụng lên thành bình là đáng kể và gây áp suất lên thành bình.

b) Khi giữ nguyên thể tích nhưng tăng nhiệt độ thì áp suất tăng.

Giải thích: Khi nhiệt độ tăng thì các phân tử khí chuyển động nhanh hơn, do đó số phân tử khí va chạm vào thành bình trong một đơn vị thời gian tăng, đồng thời sự va chạm vào thành bình của các phân tử khí cũng mạnh hơn, điều đó dẫn đến áp suất khí trong bình tăng.

c) Khi giữ nguyên nhiệt độ nhưng tăng thể tích thì áp suất chất khí giảm.

Giải thích: Khi tăng thể tích mà khối lượng khí không đổi thì mật độ phân tử khí trong bình giảm, làm cho số lần va chạm của các phân tử khí với thành bình trong một đơn vị thời gian giảm theo, kết quả là áp suất khí trong bình giảm

2. Khi nhiệt độ càng tăng thì vận tốc chuyển động hỗn loạn của các phân tử cũng càng tăng và ngược lại.

Tính chất hỗn loạn của chuyển động nhiệt của phân tử được thể hiện thông qua vận tốc ở chỗ tại mỗi thời điểm, hướng của vận tốc phân tử phân bố đều trong không gian, mà không ưu tiên theo một phương nào xác định.

3. * Về loại phân tử, nguyên tử: Các chất cho dù ở thể khí, lỏng hay rắn đều có cấu tạo từ các nguyên tử, phân tử. Các chất khác nhau thì loại nguyên tử, phân tử cấu tạo nên chúng cũng khác nhau. Cùng một chất nhưng ở các thể khác nhau thì có cùng loại nguyên tử, phân tử giống nhau, điểm khác nhau chỉ là cấu trúc của chúng mà thôi.

* Về tương tác nguyên tử, phân tử: ở thể rắn, các nguyên tử phân tử ở rất gần nhau nên có lực tương tác nguyên tử, phân tử lớn nhất, tiếp đến là thể lỏng và yếu nhất là thể khí.

* Về chuyển động nguyên tử, phân tử. Ở thể rắn, các nguyên tử và phân tử chỉ dao động quanh vị trí cân bằng xác định của nó. Ở thể lỏng các nguyên tử và phân tử cũng dao động quanh vị trí cân bằng của nó, nhưng vị trí cân bằng này có thể di chuyển từ điểm này đến điểm khác. Ở thể khí, các nguyên tử, phân tử chuyển động hỗn loạn.

4. Việc nghiền nhỏ dược phẩm rồi cho vào khuôn nén mạnh chính là làm cho các phân tử, nguyên tử ở gần nhau hơn, tạo ra lực hút lớn hơn.
Nếu bẻ đôi viên thuốc rồi dùng tay ép mạnh thì lực ép đó không đủ lớn để đưa các nguyên tử, phân tử lại gần nhau đến mức gây ra lực hút mạnh giữa chúng (lực hút phân tử), nên hai mảnh không thể dính liền nhau được.

5. Ta có: Khối lượng phân tử $m_o = \frac{\mu}{N_A} \Rightarrow$ Tỉ số khối lượng các phân tử bằng tỉ số giữa hai khối lượng mol: $\frac{m_1}{m_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$. Theo đó ta có:

$$\frac{m_{H_2}}{m_{O_2}} = \frac{\mu_{H_2}}{\mu_{O_2}} = \frac{2}{32} = \frac{1}{16};\quad \frac{m_{H_2}}{m_{N_2}} = \frac{\mu_{H_2}}{\mu_{N_2}} = \frac{2}{28} = \frac{1}{14};\quad \frac{m_{O_2}}{m_{N_2}} = \frac{\mu_{O_2}}{\mu_{N_2}} = \frac{32}{28} = \frac{8}{7}.$$

6. a) Cứ N_A phân tử (nguyên tử) He có khối lượng 4g.
Vì $N = 4{,}515.10^{23} = \frac{3N_A}{4} \Rightarrow$ khối lượng He trong bình $m = \frac{4.3}{4} = 3g$.
b) Trong điều kiện nhiệt độ và áp suất như trên (ĐKTC), thể tích của 1 mol He là $v_o = 22{,}4$lít. Vì lượng khí He trong bình chỉ là $\frac{3}{4}$ mol nên thể tích của bình là $V = \frac{3V_o}{4} = \frac{3.22{,}4}{4} = 16{,}8$lít.

7. Cứ 18g nước chứa $N_A = 6{,}02.10^{23}$ phân tử.
Trong 32g nước có: $n = \frac{32.N_A}{18} = \frac{32.6{,}02.10^{23}}{18} = 10{,}7.10^{23}$ phân tử.

8. Gọi v_o là thể tích riêng của mỗi phân tử ôxi: $v_o = \frac{4}{3}\pi R^3$

Thể tích riêng của N_A phân tử ôxi là: $V = N_A v_o = N_A.\frac{4}{3}\pi R^3$

Lập tỉ số: $\frac{V}{V_{mol}} = \frac{N_A\frac{4}{3}\pi R^3}{V_{mol}} = \frac{6{,}02.10^{23}.4.3{,}14.(10^{-10})^3}{3.22{,}4.10^{-3}} = 1{,}125.10^{-4}$.

§45. ĐỊNH LUẬT BÔILƠ - MARIỐT

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Quá trình đẳng nhiệt

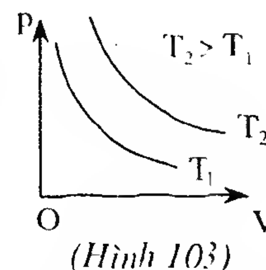
Quá trình biến đổi trạng thái trong đó nhiệt độ được giữ không đổi gọi là quá trình đẳng nhiệt.

2. Định luật Bôilơ - Mariốt

Ở nhiệt độ không đổi, tích của áp suất p và thể tích V của một lượng khí xác định là một hằng số: pV = const.

3. Đường đẳng nhiệt

Trong hệ tọa độ (p, V), đường đẳng nhiệt là đường hyperbol. Ứng với các nhiệt độ khác nhau của cùng một lượng khí có các đường đẳng nhiệt khác nhau.



(Hình 103)

Trên hình 103 đường đẳng nhiệt ở trên ứng với nhiệt độ cao hơn đường ở dưới.

Quá trình biến đổi trạng thái khi thể tích không đổi gọi là quá trình đẳng tích.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Giải thích tại sao bơm xe đạp lại làm tăng áp suất khí trong săm (ruột) của bánh xe?

2. Hãy chứng tỏ rằng khi nhiệt độ không đổi, áp suất tỉ lệ thuận với mật độ phân tử khí. (Mật độ phân tử là số phân tử trong đơn vị thể tích)

3. Thừa nhận rằng số phân tử va chạm vào thành bình trong một đơn vị thời gian tỉ lệ với mật độ phân tử. Hãy giải thích định luật Bôilơ - Mariốt theo thuyết động học phân tử.

4. Chứng tỏ rằng khi nhiệt độ không đổi thì áp suất khí trong bình tỉ lệ thuận với khối lượng riêng của khí.

5. Một bình có dung tích 12lít chứa $\frac{1}{3}$mol khí ở nhiệt độ 0^oC. Tính áp suất trong bình.

6. Nén khí đẳng nhiệt từ thể tích 18 lít đến thể tích 6 lít thì thấy áp suất tăng lên một lượng $\Delta p = 52kPa$. Hỏi áp suất ban đầu của khí là bao nhiêu?

7. Một bọt khí ở đáy hồ sâu 3,9m nổi lên đến mặt nước. Hỏi thể tích của bọt tăng lên bao nhiêu lần? Lấy $g = 10m/s^2$.

8. Một quả bóng có dung tích 2,56 lít. Bơm không khí ở áp suất 10^5Pa vào bóng, mỗi lần bơm được $115cm^3$ không khí. Tính áp suất của không khí trong quả bóng sau 60 lần bơm. Coi quả bóng trước khi bơm không có không khí và trong khi bơm, nhiệt độ của không khí không thay đổi.

9. Có hai bình chứa hai loại khí khác nhau có thể tích lần lượt là V_1 = 3,2lít và V_2 = 4,8lít. Các bình được nối thông với nhau bằng một ống nhỏ có khóa K. Ban đầu, khóa K đóng, áp suất trong các bình là p_1 = 1,6at và p_2 = 3,8 at. Mở khóa K nhẹ nhàng để khí trong hai bình thông với nhau sao cho nhiệt độ không đổi, tính áp suất của hỗn hợp khí khi đó. Coi hai khí không xảy ra tác dụng hóa học khi tiếp xúc.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Gọi V_1 là thể tích khí trong thân bơm (khi pittông của bơm ở vị trí cao nhất), V_2 là thể tích khí trong ruột xe (khi đã căng).

   Thể tích khí ban đầu (khi van xe mở) là $V_1 + V_2$; thể tích khí sau khi van đóng (toàn bộ khí trong thân bơm đã vào trong ruột xe) là V_2.

   Theo định luật Bôilơ – Mariốt thì độ tăng áp suất sau mỗi lần bơm là $\frac{V_1 + V_2}{V_2}$, có nghĩa là sau mỗi lần bơm, áp suất khí trong ruột xe tăng.

2. Gọi N là số phân tử có trong thể tích V, mật độ phân tử khí là $n = \frac{N}{V}$ (trong đó N hằng số), theo đó n tỉ lệ nghịch với V. Mặt khác theo định luật Bôilơ - Mariốt thì p tỉ lệ nghịch với V, từ đó có thể suy ra rằng khi nhiệt độ không đổi thì áp suất tỉ lệ thuận với mật độ phân tử khí.

3. Theo thuyết động học phân tử, áp suất khí trong bình được tạo ra do các phân tử khí va chạm với nhau và va chạm với thành bình. Khi số phân tử va chạm với thành bình càng lớn thì áp suất càng tăng, nghĩa là áp suất p tỉ lệ thuận với mật độ phân tử khí n.

   Ở nhiệt độ không đổi, với một khối lượng khí xác định, mật độ phân tử (n) tỉ lệ nghịch với thể tích khí V (V càng lớn thì n càng nhỏ). Vậy khi nhiệt độ không đổi, với một khối lượng khí xác định, áp suất p và thể tích V tỉ lệ nghịch với nhau. Đó chính là nội dung định luật Bôilơ - Mariốt.

4. Với một lượng khí không đổi, khối lượng riêng của khí tỉ lệ nghịch với thể tích. Mặt khác, theo định luật Bôilơ - Mariốt thì áp suất cũng tỉ lệ nghịch với thể tích, do đó khối lượng riêng tỉ lệ thuận với áp suất.

   Thực vậy: Ta có $\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{m}{D_2}}{\frac{m}{D_1}} = \frac{D_1}{D_2}$ (đpcm).

5. Ở nhiệt độ 0°C và áp suất p_o = 1atm, 1mol khí có thể tích V_o = 22,4l. theo đó, $\frac{1}{3}$ mol khí có thể tích $V = 22,4.\frac{1}{3} = 7,47$lít.

Áp suất của 12lít khí ở 0°C: $p = \frac{V}{V'}p_o = \frac{7,47}{12}.1 = 0,62$ atm.

6. Gọi p_1 và p_2 là áp suất ứng với thể tích V_1 = 18lít và thể tích V_2 = 6lít.

Theo định luật Bôilơ - Mariốt ta có:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1} = \frac{p_1 + \Delta p}{p_1} \Rightarrow \frac{p_1 + \Delta p}{p_1} = \frac{18}{6} = 3$$

Áp suất ban đầu: $p_1 = \frac{1}{2}\Delta p = \frac{52}{2} = 26$kPa.

7. Trên mặt nước, áp suất của bọt khí bằng đúng áp suất khí quyển (tức là bằng $p_o = 10^5$Pa), thể tích bọt khí là V_o. Ở độ sâu 3,9m thể tích bọt khí là V, áp suất bọt khí là: $p = p_o + p_n = 10^5 + 10^3.10.3,9 = 1,39.10^5$Pa.

Coi nhiệt độ không đổi, ta có: $p_oV_o = pV \Rightarrow \frac{V_o}{V} = \frac{p}{p_o} = \frac{1,39.10^5}{10^5} = 1,39.$

Vậy thể tích bọt khí tăng lên 1,39 lần.

8. Sau 60 lần bơm, ta đã đưa được lượng khí có áp suất $p_1 = 10^5$Pa và thể tích $V_1 = 60.115 = 6900cm^3$ = 6,9lít khí vào quả bóng.

Vì thể tích của khí sau khi vào trong bóng là V_2 = 2,56 lít nên theo định luật Bôilơ - Mariốt ta có áp suất: $p_2 = \frac{V_1}{V_2}p_1 = \frac{6,9}{2,56}.10^5 = 2,7.10^5$ Pa.

9. Khi khóa K mở (bình đã thông nhau). Gọi p'_1 và p'_2 là áp suất riêng phần của chất khí thứ nhất và thứ hai.

Áp suất khí trong bình là $p = p'_1 + p'_2$ (1)

Xét chất khí trong bình A và B khi khóa K đóng và mở.

Theo định luật Bôi - Mariốt ta có:

$$p_1V_1 = p'_1(V_1 + V_2) \Rightarrow p'_1 = \frac{p_1V_1}{V_1 + V_2} \quad (2)$$

$$p_2V_2 = p'_2(V_1 + V_2) \Rightarrow p'_2 = \frac{p_2V_2}{V_1 + V_2} \quad (3)$$

Thay (2) và (3) vào (1) ta được:

$$p = p'_1 + p'_2 = \frac{p_1V_1 + p_2V_2}{V_1 + V_2} = \frac{1,6.3,2 + 3,8.4,8}{3,2 + 4,8} = 2,92 \text{ at.}$$

§46. ĐỊNH LUẬT SÁC LƠ. NHIỆT ĐỘ TUYỆT ĐỐI

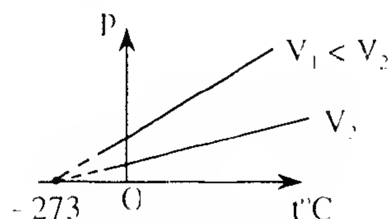
I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Định luật Saclơ

Áp suất p của một lượng khí có thể tích không đổi thì phụ thuộc vào nhiệt độ của khí như sau: $p = p_0(1 + \gamma t)$. Trong đó γ có giá trị như nhau đối với mọi chất khí, mọi nhiệt độ và bằng $\frac{1}{273}$.

γ gọi là hệ số tăng áp đẳng tích.

Đối với khí thực thì định luật Sáclơ chỉ là gần đúng. Đường đẳng tích vẽ trong hệ toạ độ (p, t) như hình 104.



(Hình 104)

2. Khí lí tưởng

Khí lí tưởng là khí tuân theo đúng hai định luật Bôilơ - Mariốt và Saclơ.

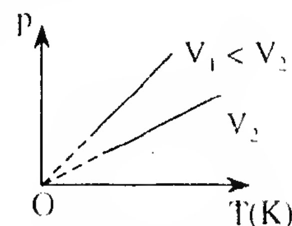
Các khí thực có tính chất gần đúng như khí lí tưởng. Ở áp suất thấp thì có thể coi mọi khí thực như là khí lí tưởng.

3. Nhiệt độ tuyệt đối

Kenvin đề xuất một nhiệt giai mang tên ông. Theo đó, khoảng cách nhiệt độ 1 Kenvin (kí hiệu 1K) bằng khoảng cách 1°C. Không độ tuyệt đối (0K) ứng với nhiệt độ –273°C. Nhiệt độ đo trong nhiệt giai Kenvin gọi là nhiệt độ tuyệt đối. Gọi T là nhiệt độ trong nhiệt giai Kenvin, còn t là số đo cùng nhiệt độ đó trong nhiệt giai Cenxiut thì: $T = t + 273$.

Trong nhiệt giai Kenvin, công thức của định luật Saclơ là: $\frac{p}{T}$ = hằng số.

Đường đẳng tích (p, T) như hình 105. Đường đẳng tích là nửa đường thẳng có đường kéo dài đi qua gốc toạ độ. Ứng với các thể tích khác nhau của cùng một lượng khí có các đường đẳng tích khác nhau. Trên hình 105 đường đẳng tích ở trên ứng với thể tích nhỏ hơn đường ở dưới.



(Hình 105)

4. Định nghĩa nhiệt độ T trong nhiệt giai Kenvin

Nhiệt độ T là đại lượng tỉ lệ thuận với áp suất p của một lượng khí có thể tích không đổi ở áp suất thấp.

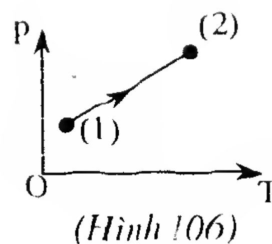
Chú ý: Định nghĩa này bao hàm cả định luật Saclơ.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hãy giải thích định luật Saclơ bằng thuyết động học phân tử.

2. Hãy chứng minh rằng từ công thức $p = p_0(1 + \alpha t)$ có thể suy ra công thức $\frac{p}{T} = \text{const}$ với $\alpha = \frac{1}{273}$.

3. Hình 106 biểu diễn đồ thị biến đổi trạng thái của một lượng khí. Hỏi trong quá trình này, khí bị nén hay dãn? Hãy giải thích.



(Hình 106)

4. Biết thể tích của một lượng khí không đổi.

a) Chất khí ở 0°C có áp suất 4,5atm. Tính áp suất của nó ở 157°C.

b) Chất khí ở 0°C có áp suất P_o, cần đun nóng chất khí lên bao nhiêu độ để áp suất của nó tăng lên 2,5 lần?

5. Một chiếc lốp ôtô chứa không khí ở áp suất 5,28bar và nhiệt độ 25°C. Khi xe chạy nhanh, lốp xe nóng lên, làm cho nhiệt độ không khí trong lốp tăng lên tới 58°C. Tính áp suất của không khí trong lốp xe lúc này.

6. Một bình được nạp khí ở nhiệt độ 37°C dưới áp suất 275kPa. Sau đó bình được chuyển đến một nơi có nhiệt độ 63°C. Tính độ tăng áp suất của khí trong bình.

7. Một bóng đèn dây tóc chứa khí trơ ở 26°C và dưới áp suất 0,62atm. Khi đèn cháy sáng, áp suất khí trong đèn là 1,15atm và không làm vỡ bóng đèn. Tính nhiệt độ khí trong đèn khi cháy sáng. Coi dung tích của bóng đèn không đổi.

8. Một lượng hơi nước có nhiệt độ 100°C và áp suất p_{100} = 1atm chứa trong một bình kín.

a) Làm nóng bình và khí đến nhiệt độ 180°C thì áp suất khí trong bình bằng bao nhiêu?

b) Thành lập công thức cho áp suất khí ở nhiệt độ t (Cenxiut) bất kì theo p_{100}.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Với thể tích không đổi, khi nhiệt độ tăng thì chuyển động nhiệt của các phân tử tăng, số phân tử va chạm vào thành bình tăng và va chạm mạnh hơn làm cho áp suất tăng theo.

2. Ta có: $T = 273 + t$; $\alpha = \dfrac{1}{273}$.

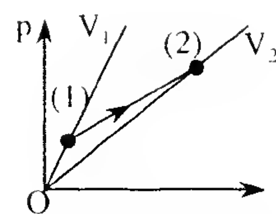
Thay vào công thức $p = p_o(1 + \alpha t)$ ta được:

* Ở trạng thái 1 nào đó: $p_1 = p_o[1 + \dfrac{1}{273}(T_1 - 273)] = \dfrac{p_o}{273}T_1$ (1)

* Ở trạng thái 2 nào đó: $p_2 = p_o[1 + \dfrac{1}{273}(T_2 - 273)] = \dfrac{p_o}{273}T_2$ (2)

Lập tỉ số $\dfrac{(1)}{(2)}$ ta được: $\dfrac{p_1}{p_2} = \dfrac{T_1}{T_2} \Leftrightarrow \dfrac{p_1}{T_1} = \dfrac{p_2}{T_2}$ Hay $\dfrac{p}{T}$ = const.

3. Vẽ các đường đẳng tích ứng với các trạng thái 1 và 2 như hình 107. Ta thấy đường đẳng tích ứng với trạng thái 1 nằm phía trên đường đẳng tích ứng với trạng thái 2 nên $V_1 < V_2$. Vậy quá trình trên là quá trình dãn khí.



(Hình 107)

4. a) Quá trình đẳng tích nên:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow P_2 = P_1.\frac{T_2}{T_1} = 4,5.\frac{(273+157)}{273} = 7,1\text{atm}.$$

b) Từ $\frac{p_o}{T_o} = \frac{p}{T} \Rightarrow T = \frac{p}{p_o}T_o$ Với $p = 2,5p_o$, $T_o = 273K$

Suy ra: $T = 2,5.273 = 682,5K$ hay $t = 682,5 - 273 = 409,5°C$.

5. Coi thể tích không khí trong lốp ôtô không đổi.

Theo định luật Saclơ ta có: $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow p_2 = \frac{T_2}{T_1}p_1$

Với $T_1 = 273 + 25 = 298K$; $T_2 = 273 + 58 = 331K$

Thay số: $p_2 = \frac{331}{298}.5,28 \doteq 5,86$ bar.

6. Ta có $T_1 = 273 + 37 = 310K$; $T_2 = 273 + 63 = 336K$.

Theo định luật saclơ: $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow p_2 = \frac{T_2}{T_1}p_1 = \frac{336}{310}.275 = 298,1kPa$.

Độ tăng áp suất: $\Delta p = p_2 - p_1 = 298,1 - 275 = 23,1kPa$.

7. Khối lượng và thể tích của khí trong bóng đèn không đổi. Ta có thể áp dụng định luật Sacclơ:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1} \Rightarrow T = \frac{p_2}{p_1}T_1 = \frac{1,15}{0,62}(273+26) = 554,6K.$$

8. a) Ta co $T_1 = 273 + 100 = 373K$; $T_2 = 273 + 180 = 453K$.

Theo định luật Saclơ: $\frac{p_{100}}{T_1} = \frac{p_{180}}{T_2} \Rightarrow p_{180} = \frac{T_2}{T_1}p_{100} = \frac{453}{373}.1 = 1,66\text{atm}$.

b) Thành lập công thức:

Từ công thức $p = p_o(1 + \gamma t)$. Ta có $p_{100} = p_o(1 + 100\gamma)$

Lập tỉ số: $\frac{p}{p_{100}} = \frac{1+\gamma t}{1+100\gamma} = \frac{1+\frac{1}{273}t}{1+100.\frac{1}{273}} = \frac{273+t}{373}$

Cuối cùng ta được công thức: $p = p_{100}\frac{273+t}{373}$.

§47. PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI CỦA KHÍ LÍ TƯỞNG. ĐỊNH LUẬT GAY LUYXĂC.

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Phương trình trạng thái của khí lí tưởng

Phương trình xác định mối liên hệ giữa ba thông số trạng thái của chất khí gọi là phương trình trạng thái của khí lí tưởng.

Giả sử các thông số trạng thái của một lượng khí xác định ở trạng thái 1 là (p_1, V_1, T_1), ở trạng thái 2 là (p_2, V_2, T_2). Giữa các thông số trạng thái có mối liên hệ sau: $\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$ hay $\frac{pV}{T}$ = hằng số.

2. Định luật Gay Luyxăc

a) Quá trình đẳng áp

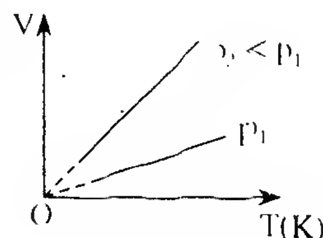
Quá trình biến đổi trạng thái khi áp suất không đổi gọi là quá trình đẳng áp.

b) Định luật Gay Luyxăc

Thể tích V của một lượng khí có áp suất không đổi thì tỉ lệ với nhiệt độ tuyệt đối của khí: $\frac{V}{T}$ = hằng số.

c) Đường đẳng áp

Trong hệ tọa độ (V, T), đường đẳng áp là nửa đường thẳng có đường kéo dài đi qua gốc toạ độ. ứng với các áp suất khác nhau của cùng một lượng khí có các đường đẳng áp khác nhau. Trên hình 108 đường đẳng áp ở trên ứng với áp suất nhỏ hơn đường ở dưới.



(Hình 108)

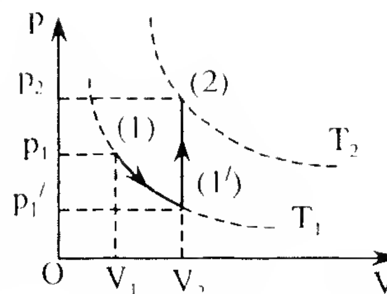
Chú ý: Trong nhiệt giai Cenxiut thì $V = V_0(1 + \beta t)$. Trong đó V và V_0 là thể tích khí ở t°C; và 0°C; $\beta = \frac{1}{273}$ là hệ số nở đẳng áp của chất khí.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Thiết lập phương trình trạng thái bằng cách thực hiện hai giai đoạn biến đổi sau: $1\begin{cases}p_1\\V_1\\T_1\end{cases} \rightarrow 2'\begin{cases}p_2'\\V_1\\T_2\end{cases} \rightarrow 2\begin{cases}p_2\\V_2\\T_2\end{cases}$.

2. Hãy chứng minh rằng từ công thức $V = V_0(1 + \alpha t)$ có thể suy ra công thức $\frac{V}{T} = const$ với $\alpha = \frac{1}{273}$.

3. Cho đồ thị biểu diễn các quá trình biến đổi trạng thái như hình 109. Hãy nêu tên các quá trình biến đổi.



(Hình 109)

4. Ở nhiệt độ 273°C thể tích của một lượng khí là 9lít. Tính thể tích lượng khí đó ở 500°C khi áp suất khí không đổi.

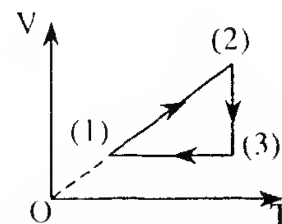
5. Đun nóng đẳng áp một khối lượng khí lên đến 67°C thì thể tích khí tăng thêm $\frac{1}{8}$ thể tích khí lúc đầu. Tìm nhiệt độ ban đầu của khí.

6. Nén 16,5lít khí ở nhiệt độ 14°C cho thể tích của nó chỉ còn là 4,2 lít. Vì nén nhanh khí bị nóng đến 57°C. Hỏi áp suất của khí tăng lên bao nhiêu lần?

7. Trong xilanh của một động cơ đốt trong có $2{,}2dm^3$ hỗn hợp khí dưới áp suất 1at và nhiệt độ 67°C. Pittông nén xuống làm cho thể tích của hỗn hợp khí chỉ còn $0{,}36dm^3$ và áp suất tăng lên tới 14,2at. Tính nhiệt độ của hỗn hợp khí nén.

8. Tính khối lượng riêng của không khí ở đỉnh núi Phanxipăng cao 3140m. Biết mỗi khi lên cao thêm 10m thì áp suất khí quyển giảm 1mmHg và nhiệt độ trên đỉnh núi là 2°C. Khối lượng riêng của không khí ở điều kiện chuẩn (áp suất 760mmHg và nhiệt độ 0°C) là $1{,}29kg/m^3$.

9. Đồ thị hình 110 cho biết một chu trình biến đổi trạng thái của một khối khí lí tưởng, được biểu diễn trong hệ tọa độ (V,T).
Hãy biểu diễn chu trình biến đổi này trong các hệ tọa độ (p,V) và (p,T).



(Hình 110)

10. Một chất khí lý tưởng được biến đổi theo các quá trình sau:
- Từ 1 sang 2 : Làm lạnh đẳng áp
- Từ 2 sang 3 : Giãn nở đẳng nhiệt
- Từ 3 sang 4 : Nung nóng đẳng áp
- Từ 4 sang 1 : Nén đẳng nhiệt

Hãy biểu diễn các quá trình trên trong các hệ toạ độ (V,T), (p,T), (p,V)

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Quá trình (1) → (2') là quá trình đẳng tích. Ta có: $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2'}{T_2}$ (1)

Quá trình (2') → (2) là quá trình đẳng nhiệt. Ta có: $p_2'V_1 = p_2V_2$ (2)

Từ (1) ⇒ $p_2' = \frac{T_2}{T_1}p_1$, thay vào (2) ta được: $\frac{T_2}{T_1}p_1V_1 = p_2V_2$

Cuối cùng ta được: $\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$.

2. Ta có: $T = 273 + t$ và $\alpha = \frac{1}{273}$. Thay vào $V = V_o(1 + \alpha t)$ ta được:

* Ở trạng thái 1 nào đó:

$$V_1 = V_o[1 + \frac{1}{273}(T_1 - 273)] = \frac{V_oT_1}{273} \quad (1)$$

* Ở trạng thái 2 nào đó:

$$V_2 = V_o[1 + \frac{1}{273}(T_2 - 273)] = \frac{V_oT_2}{273} \quad (2)$$

Lập tỉ số $\frac{(1)}{(2)}$ ta được: $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Leftrightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ hay $\frac{V}{T} = const$.

3. Trên đồ thị ta thấy:

Đường biểu diễn sự chuyển trạng thái từ (1) sang ($1'$) là đường đẳng nhiệt, còn đường biểu diễn sự chuyển trạng thái từ ($1'$) sang (2) là đường đẳng tích.

4. Theo định luật Gay Luyxăc, ta có: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$.

Với $T_1 = 273 + 273 = 546K$; $T_2 = 273 + 500 = 773K$.

Thể tích: $V_2 = \frac{T_2}{T_1}V_1 = \frac{773}{546}9 = 12,74$lít.

5. Gọi V_1, T_1 V_2, T_2 và là thể tích và nhiệt độ trước và sau khi đun.

Theo định luật Gay Luyxăc : $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow T_1 = \frac{V_1T_2}{V_2}$

Với $V_2 = V_1 + \frac{1}{8}V_1 = \frac{9}{8}V_1$; $T_2 = 273 + 67 = 340K$

$$T_1 = \frac{8V_1.340}{9.V_1} = 302,2K \Rightarrow t_1 = 302,2 - 273 = 29,2^oC.$$

6. Từ phương trình trạng thái: $\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2}.\frac{T_2}{T_1}$

Thay số: $\frac{p_2}{p_1} = \frac{16,5}{4,2}.\frac{273+57}{273+14} = 4,5$lần.

7. Áp dụng phương trình trạng thái $\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{p_2V_2T_1}{p_1V_1}$

Thay số: $T_2 = \dfrac{14,2.0,36.(273+67)}{1.2,2} = 790K$

$\Rightarrow$ Nhiệt độ $t_2 = 790 - 273 = 517°C$.

. Trạng thái 1 của một lượng không khí (m) trên đỉnh núi có các thông số sau: áp suất $p_1 = 760 - 314 = 446mmHg$; Thể tích $V_1 = \dfrac{m}{D_1}$

(D_1 là khối lượng riêng của không khí trên đỉnh núi; nhiệt độ $T_1 = 275°K$).

Trạng thái 2 của không khí là các điều kiện chuẩn:

Áp suất $p_o = 760mmHg$; thể tích $V_o = \dfrac{m}{D_o}$; nhiệt độ $T_o = 273°K$.

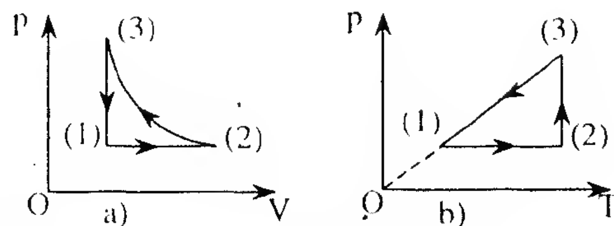
Áp dụng phương trình trạng thái: $\dfrac{p_oV_o}{T_o} = \dfrac{p_1V_1}{T_1} \Leftrightarrow \dfrac{p_o}{T_oD_o} = \dfrac{p_1}{T_1D_1}$

$\Rightarrow D_1 = \dfrac{p_1T_oD_o}{T_1p_o} = \dfrac{446.273.1,29}{275.760} = 0,75 \text{ g/cm}^3$.

. Ta có các nhận xét :

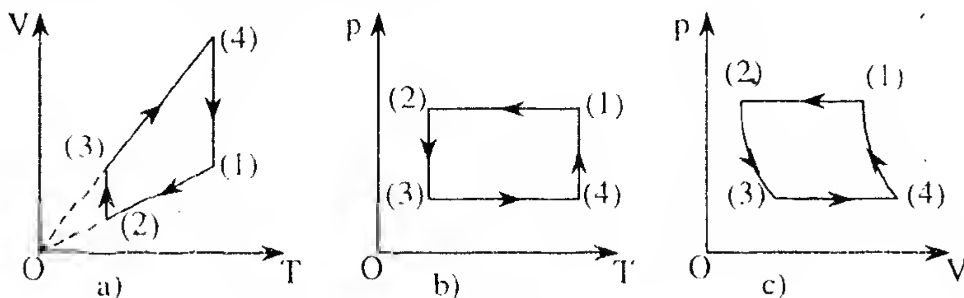
* (1) → (2) : đẳng áp.
* (2) → (3) : đẳng nhiệt.
* (3) → (1) : đẳng tích.

a vẽ được các đồ thị sau (hình 111a,b):



(Hình 111)

0. Các đồ thị được biểu diễn như hình 112.



(Hình 112)

§48-49. PHƯƠNG TRÌNH CLAPÊRÔN - MENĐÊLÊE
BÀI TẬP VỀ CHẤT KHÍ

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Điều kiện tiêu chuẩn và hằng số của khí lí tưởng

Người ta quy ước điều kiện tiêu chuẩn về nhiệt độ và áp suất như sau:

+ Nhiệt độ: $t_o = 0^oC \Leftrightarrow T_o = 273K$.

+ áp suất: $p_o = 760mmHg \Leftrightarrow p_o = 1{,}013.10^5Pa$.

Hằng số của khí lí tưởng (R): Đối với 1 mol khí ở điều kiện tiêu chuẩn $\frac{p_oV_o}{T_o} = R$ gọi là hằng số của khí lí tưởng.

Với $p_o = 1{,}013.10^5Pa$; $T_o = 273K$; $V_o = 22{,}4l/mol$, các phép tính cho thấy trị của R là: $R = 8{,}31 J/mol.K$.

2. Phương trình Menđêlêep - Clapêrôn

Phương trình: $pV = vRT = \frac{m}{\mu}RT$.

Trong đó p, V, T là các thông số trạng thái, m là khối lượng khí, μ là k lượng mol của khí, $v = \frac{m}{\mu}$ là số mol khí và R là hằng số của khí lí tưởng.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hãy chứng tỏ rằng áp suất của một lượng khí tỉ lệ với khối lượng riêng khí và tỉ lệ với nhiệt độ.

2. Hãy chứng minh rằng:

a) Đơn vị của R là J/mol.K.

b) Đối với 1 mol khí ở điều kiện không chuẩn, giá trị của R = 8,31 J/mol

3. Ở nhiệt độ T_1, áp suất p_1, khối lượng riêng của một chất khí là D_1. Lập b thức của khối lượng riêng chất khí đó ở nhiệt độ T_2, áp suất p_2.

4. Một xilanh đặt thẳng đứng, diện tích tiết diện $S = 86cm^2$ chứa không kl nhiệt độ $t_1 = 33^oC$. Ban đầu xilanh được đậy bằng một pittông cách h = 56cm. Pittông có thể trượt không ma sát dọc theo mặt trong của xila

a) Đặt lên trên pittông một quả cân có trọng lượng P = 500N, pittông d chuyển xuống l = 16cm rồi dừng lại. Tính nhiệt độ của khí trong xi sau khi pittông dừng lại. Biết áp suất của khí quyển có giá trị $p_o = 10^5N/$ Bỏ qua khối lượng của pittông.

b) Đặt thêm lên pittông một quả cân có trọng lượng P' và nung nóng trong xilanh đến nhiệt độ $t_3 = 137^oC$ thì thấy pittông không dịch chuy Tính P'.

. Một bình kín chứa một chất khí ở nhiệt độ 27°C và áp suất 25,8 at. Người ta cho $\frac{3}{4}$ lượng khí thoát ra khỏi bình và hạ nhiệt độ xuống còn 7°C. Tính áp suất của khí còn lại trong bình. Coi thể tích của bình chứa không thay đổi khi hạ nhiệt độ.

. Một bình chứa 4,8 lít khí hidrô ở 5.10^5Pa và 14°C. Người ta tăng nhiệt độ của khí lên tới 26°C. Vì bình không thật kín nên có một phần khí thoát ra ngoài và áp suất trong bình không thay đổi. Tính khối lượng khí thoát ra ngoài biết khối lượng mol của hidrô là 2.10^{-3}kg/mol.

. Có hai bình cầu A và B chứa cùng một loại khí, được nối với nhau bằng một ống nhỏ có khóa K. Bình A có thể tích V_1 = 8,5lít. Ban đầu đóng khóa K, áp suất bình A là $p_1 = 4.10^5$ N/m^2 ; áp suất bình B là $p_2 = 1,6.10^6$N/m^2. Mở khóa K để khí hai bình thông với nhau sao cho nhiệt độ khí không đổi. Khi đã cân bằng, áp suất chung của hai bình lúc đó là $p = 5,5.10^5$ N/m^2. Tính thể tích bình B?

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

. Từ phương trình Clapêrôn – Menđêlêep: $\frac{pV}{T} = \frac{m}{\mu}R \Rightarrow p = \frac{m}{V}\frac{R}{\mu}T$

Chú ý rằng $\frac{m}{V}$ là khối lượng riêng ρ của khí $\Rightarrow p = \rho\frac{R}{\mu}T$.

Với R và ρ là các hằng số, áp suất của một lượng khí tỉ lệ với khối lượng riêng của khí và tỉ lệ với nhiệt độ.

. a) Từ công thức $R = \frac{p_oV_o}{T_o}$

Về mặt đơn vị thì $[R] = \frac{(N/m^2)(m^3/mol)}{K} = \frac{N.m}{mol.K}$ = J/mol.K.

b) Ở điều kiện không chuẩn thì $R' = \frac{pV}{T}$.

Ở điều kiện chuẩn thì $R = \frac{p_oV_o}{T_o}$

Với cùng 1 mol khí thì $\frac{pV}{T} = \frac{p_oV_o}{T_o} \Rightarrow R' = R$ = 8,31J/mol.K.

. Gọi m là khối lượng của khối khí.

Theo phương trình Clapêrôn – Menđêlêep, ta suy ra: $D = \frac{m}{V} = \frac{p}{RT}\mu$

– Ở trạng thái (1) ta có: $D_1 = \frac{m}{V_1} = \frac{p_1}{RT_1}\mu$

– Ở trạng thái (2) ta có: $D_2 = \frac{m}{V_2} = \frac{p_2}{RT_2}\mu$

Lập tỉ số ta được: $\frac{D_2}{D_1} = \frac{p_2}{p_1}.\frac{T_1}{T_2} \Rightarrow D_2 = \frac{p_2}{p_1}.\frac{T_1}{T_2}D_1$.

4. a) Ban đầu khi pittông cân bằng, áp suất của khí trong xilanh bằng áp su: của khí quyển.

Trạng thái khí trong xilanh: $V_1 = h.S$; $p_1 = p_0$; $T_1 = 273 + t_1$.

Khi đặt quả cân lên trên pittông và pittông cân bằng, áp suất khí tron xilanh bằng tổng áp suất khí quyển và áp suất gây bởi áp lực do quả cân lê khí.

Trạng thái khí lúc đó: $V_2 = (h - l).S$; $p_1 = p_o + \frac{P}{S}$; nhiệt độ T_2.

Phương trình trạng thái : $\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} \Leftrightarrow \frac{p_ohS}{T_1} = \frac{(p_o + \frac{P}{S})(h - \ell)S}{T_2}$.

$$\Rightarrow T_2 = \frac{(p_o + \frac{P}{S})(h - \ell)T_1}{p_oh} = \frac{(10^5 + \frac{500}{86.10^{-4}})(56 - 16)306}{10^5.56} = 345,65K$$

Hay $t_2 = 345,65 - 273 = 72,65^0C$.

b) Khi đặt thêm quả cân có trọng lượng P' và khí pittông đã cân bằng.

Trạng thái khí lúc đó: $V_3 = V_2$; $p_3 = p_0 + \frac{P + P'}{S}$; $T_3 = 273 + 137 = 410K$.

Áp dụng định luật Saclơ: $\frac{p_3}{T_3} = \frac{p_2}{T_2} \Leftrightarrow \frac{p_0 + \frac{P + P'}{S}}{T_3} = \frac{p_0 + \frac{P}{S}}{T_2}$.

$$P' = \frac{(T_3 - T_2)(p_0.S + P)}{T_2} = \frac{(410 - 345,65)(10^5.86.10^{-4} + 500)}{345,65} = 253,2N.$$

5. Ban đầu, lúc chưa làm thoát khí:

Ta có: $p_1V = \frac{M_1}{\mu}RT_1$ (1)

Khi làm thoát khí, lượng khí còn lại trong bình $M_2 = \frac{1}{4}M_1$.

Ta có: $p_2V = \frac{M_2}{\mu}RT_2 = \frac{M_1}{4\mu}RT_2$ (2)

Lập tỉ số : $\frac{(1)}{(2)} \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{3T_1}{T_2} \Rightarrow p_2 = \frac{p_1T_2}{4T_1} = \frac{25,8.280}{4.300} = 6,65at.$

6. Áp dụng phương trình Clapêrôn - Menđêlêep:

* Trạng thái 1 (khi chưa tăng nhiệt độ):

Khối lượng m_1, $p_1 = 5.10^5Pa$; $V_1 = 4,8lít$; nhiệt độ $T_1 = 287K$.

Phương trình : $\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{m_1}{\mu}R \Rightarrow m_1 = \frac{p_1V_1\mu}{T_1R}$

* Trạng thái 2 (khi đã tăng nhiệt độ):

Khối lượng m_2 ; $p_2 = p_1 = 5.10^5Pa$; $V_2 = V_1 = 4,8lít$; nhiệt độ $T_2 = 299K$.

Phương trình : $\frac{p_2V_2}{T_2} = \frac{m_2}{\mu}R \Rightarrow m_2 = \frac{p_2V_2\mu}{T_2R} = \frac{p_1V_1\mu}{T_2R}$

Khối lượng khí thoát ra ngoài:

$$\Delta m = m_1 - m_2 = \frac{p_1V_1\mu}{T_1R} - \frac{p_1V_1\mu}{T_2R} \text{ Hay } \Delta m = \frac{p_1V_1\mu}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

$$\text{Thay số } \Delta m = \frac{5.10^5.4,8.10^{-3}.2.10^{-3}}{8,31}\left(\frac{1}{287} - \frac{1}{299}\right) = 8,07.10^{-5}kg.$$

7. Khi khóa K còn đóng. Áp dụng phương trình Clapêrôn – Menđêlêep:

Ở bình A: $p_1V_1 = \frac{M_1}{\mu}RT$ (1)

Ở bình B: $p_2V_2 = \frac{M_2}{\mu}RT$ (2)

Vì hai bình chứa cùng một chất khí nên khi mở khóa K :

Phương trình Clapêrôn – Menđêlêep: $p(V_1 + V_2) = \frac{M_1 + M_2}{\mu}RT$ (3)

Từ (1) và (2) $\Rightarrow M_1 = \frac{p_1V_1\mu}{RT}$ và $M_2 = \frac{p_2V_2\mu}{RT}$. Thay vào (3) ta được :

$$pV_1 + pV_2 = \frac{\frac{p_1V_1\mu}{RT} + \frac{p_2V_2\mu}{RT}}{\mu}RT = p_1V_1 + p_2V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{(p - p_1)V_1}{p_2 - p}$$

Thay số ta được : $V_2 = \frac{(5,5.10^5 - 4.10^5)8,5}{1,6.10^6 - 5,5.10^5} = 1,21$ lít.

Chương 7. CHẤT RẮN VÀ CHẤT LỎNG. SỰ CHUYỂN THỂ

§50-51. CHẤT RẮN. BIẾN DẠNG CƠ CỦA VẬT RẮN

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Chất rắn kết tinh và chất rắn vô định hình

Có thể phân biệt các chất rắn thành hai loại:

– Chất rắn như muối ăn, thạch anh ... mà hình dạng bên ngoài có những cạnh thẳng, mặt phẳng, góc đa diện (tức là có dạng hình học) gọi là chất rắn kết tinh.

– Chất rắn như nhựa thông, hắc ín ... mà hình dạng bên ngoài không có dạng hình học gọi là chất rắn vô định hình.

Một số chất như lưu huỳnh, đường ... có thể là chất rắn kết tinh hay chất rắn vô định hình tùy thuộc vào việc người ta làm chúng rắn lại như thế nào.

2. Tinh thể và mạng tinh thể

– Vật rắn kết tinh dù bị vỡ nhỏ ra vẫn có dạng hình học. Các vật rắn có dạng hình học như vậy gọi là các tinh thể. Tinh thể của mỗi chất rắn có hình dạng đặc trưng riêng xác định. Tinh thể được cấu tạo từ các hạt (nguyên tử, phân tử, ion) liên kết chặt với nhau và được sắp xếp theo một trật tự tuần hoàn trong không gian. Mỗi hạt luôn dao động quanh vị trí cân bằng của nó.

– Tính tuần hoàn (cách sắp xếp) trong không gian của tinh thể được biểu diễn bằng mạng tinh thể.

3. Vật rắn đơn tinh thể và vật rắn đa tinh thể

– Vật rắn chỉ được cấu tạo từ một tinh thể được gọi là vật rắn đơn tinh thể.

– Vật rắn được cấu tạo từ nhiều tinh thể nhỏ liên kết hỗn độn với nhau được gọi là vật rắn đa tinh thể.

4. Chuyển động nhiệt ở chất rắn kết tinh và chất rắn vô định hình

– Chuyển động nhiệt ở chất rắn kết tinh chính là dao động của các hạt quanh một vị trí xác định của mạng.

– Chuyển động nhiệt ở chất rắn vô định hình là dao động của các hạt quanh một vị trí cân bằng. Các vị trí cân bằng này được phân bố theo kiểu trật tự gần, nghĩa là đối với một hạt nào đó thì các hạt khác nằm gần kề đó được phân bố có trật tự, nhưng càng ra xa hạt nói trên thì trật tự này càng mất dần.

– Khi nhiệt độ tăng thì dao động mạnh lên.

5. Tính dị hướng

- Tính dị hướng của một vật thể hiện ở chỗ tính chất vật lí theo các phương khác nhau ở vật đó là không như nhau.

- Trái với tính dị hướng là tính đẳng hướng.

Các vật rắn đơn tinh thể có tính dị hướng còn các vật rắn đa tinh thể có tính đẳng hướng.

6. Biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo

Tác dụng lực vào một vật rắn làm cho vật rắn biến dạng (hình dạng và kích thước thay đổi).

- Trường hợp khi thôi tác dụng lực, vật có thể lấy lại hình dạng và kích thước ban đầu thì vật rắn có tính đàn hồi, biến dạng của vật là biến dạng đàn hồi.

- Trường hợp khi thôi tác dụng lực, vật không lấy lại hình dạng và kích thước ban đầu thì vật rắn có tính dẻo, biến dạng của vật là biến dạng dẻo hay biến dạng còn dư.

Nói chung, các vật rắn ít nhiều đều có cả tính đàn hồi lẫn tính dẻo.

7. Các kiểu biến dạng

Tùy thuộc vào điểm đặt, phương, chiều của lực tác dụng mà vật rắn có thể bị biến dạng theo các kiểu khác nhau như biến dạng kéo, biến dạng nén, biến dạng lệch, biến dạng xoắn và biến dạng uốn.

8. Định luật Húc về biến dạng kéo (hoặc nén) của vật rắn

Phát biểu: Trong giới hạn đàn hồi, độ biến dạng tỉ đối của vật rắn hình trụ tỉ lệ với ứng suất gây ra nó: $\frac{\Delta \ell}{\ell_0} \sim \frac{F}{S}$.

Có thể viết: $\frac{F}{S} = E\frac{\Delta \ell}{\ell_0}$ hoặc $\sigma = E\varepsilon$. (E là suất đàn hồi, đơn vị là Pa)

Chú ý: $k = E\frac{S}{\ell_0}$ hệ số đàn hồi hay độ cứng của thanh rắn.

Lực đàn hồi tính theo biểu thức $F = k\Delta l$.

9. Giới hạn bền

Khi thanh rắn chịu tác dụng của lực kéo F đủ lớn, nó sẽ mất tính đàn hồi và bị biến dạng dẻo. Khi tăng lực F đến giá trị F_b thì thanh rắn sẽ bị đứt. Các vật liệu đều có một giới hạn bền, nếu vượt quá giới hạn đó thì vật sẽ bị hư hỏng.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Mô tả chuyển động nhiệt ở chất rắn kết tinh và chất rắn vô định hình.

2. Nguyên nhân của tính dị hướng ở vật rắn kết tinh là gì? Tại sao tính dị hướng lại không thể hiện ở vật rắn đa tinh thể?

3. Nêu một số ứng dụng của vật rắn tinh thể và vật rắn vô định hình.

4. Một thanh thép tròn đường kính 20mm và suất đàn hồi 2.10^{11}Pa. Giữ chặt một đầu thanh và nén đầu còn lại của nó bằng một lực $1,4.10^{5}$N để thanh này biến dạng nén đàn hồi. Tính độ co ngắn tỉ đối $\Delta l/l_o$ của thanh (l_o là độ dài ban đầu, Δl là độ biến dạng nén).

5. Một sợi dây kim loại dài 2,4m và có đường kính 0,75mm. Khi bị kéo bằng một lực 28N thì sợi dây này bị dãn ra thêm 1,4mm. Hãy tính suất đàn hồi của kim loại làm dây.

6. Một thanh rắn đồng chất, tiết diện đều có hệ số đàn hồi là 100N/m, đầu trên gắn cố định, đầu dưới treo một vật nặng để thanh biến dạng đàn hồi. Biết gia tốc rơi tự do $g = 10m/s^2$.

   a) Muốn thanh rắn này dài thêm 2cm, vật nặng phải có khối lượng bao nhiêu?

   b) Cắt thanh rắn trên để nó chỉ ngắn bằng một nửa chiều dài ban đầu rồi treo vào nửa thanh đã cắt vật nặng như câu a thì thanh sẽ dãn ra bao nhiêu?

7. Một vật có khối lượng 140kg được treo bằng một sợi dây nhôm với giới hạn bền của nhôm là $1,1.10^{8}$ Pa. Dây treo phải có tiết diện ngang là bao nhiêu để ứng suất kéo gây bởi trọng lượng của vật không vượt quá 20% giới hạn bền của vật liệu làm dây? Độ biến dạng tương đối của dây là bao nhiêu?
   Cho $E_{nhôm} = 7.10^{7}$ Pa và lấy $g = 10m/s^2$.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. * Chuyển động nhiệt ở chất rắn kết tinh là dao động của các hạt quanh một vị trí xác định của mạng. Các dao động nói trên phụ thuộc vào nhiệt độ. Khi nhiệt độ tăng thì dao động mạnh lên.

   * Trong vật rắn vô định hình, chuyển động nhiệt là dao động của các hạt quanh một vị trí cân bằng. Các vị trí cân bằng này được phân bố theo kiểu trật tự gần, nghĩa là đối với một hạt nào đó thì các hạt khác nằm gần kề đó được phân bố có trật tự nhưng càng ra xa hạt nói trên thì trật tự này càng mất dần. Các dao động nói trên phụ thuộc vào nhiệt độ. Khi nhiệt độ tăng thì dao động mạnh lên.

2. Tính dị hướng của tinh thể bắt nguồn từ sự dị hướng của cấu trúc mạng tinh thể, theo đó sự sắp xếp của các hạt theo các phương khác nhau là không giống nhau.

Sở dĩ tính dị hướng không thể hiện ở vật rắn đa tinh thể là vì mặc dù mỗi tinh thể có tính dị hướng nhưng vật rắn đa tinh thể lại được cấu tạo từ vô số các tinh thể con, các tinh thể con này gắn kết với nhau một cách hỗn độn nên tính dị hướng của mỗi tinh thể con sẽ bù trừ lẫn nhau, làm cho toàn vật trở nên có tính đẳng hướng.

3. * Một số ứng dụng của vật rắn tinh thể:

– Kim cương rất cứng dùng làm mũi khoan địa chất, dao cắt kính ...

– Các đơn tinh thể silic (Si), gecmani (Ge) được dùng làm các linh kiện bán dẫn (điôt, tranzitor), các mạch vi điện tử, các bộ nhớ của máy tính ...

– Các kim loại, hợp kim thường được dùng phổ biến trong công nghệ luyện kim và chế tạo máy, trong kĩ thuật xây dựng, đóng tàu ...

* Một số ứng dụng của vật rắn vô định hình:

– Các vật rắn vô định hình được dùng phổ biến trong nhiều ngành công nghệ khác nhau, chẳng hạn thủy tinh dùng làm các dụng cụ quang học, các sản phẩm mĩ nghệ và gia dụng ...

– Các vật rắn vô định hình có cấu tạo từ các chất pôlime hay cao phân tử như thủy tinh hữu cơ, cao su ... chúng có nhiều đặc tính quý như dễ tạo hình, không bị gỉ hay bị ăn mòn ... có thể dùng thay thế cho kim loại để làm các đồ gia dụng, tấm lợp nhà, ống dẫn nước ...

4. Lực nén vào thanh thép bằng đúng lực đàn hồi xuất hiện trong thanh.

Ta có: $F = k\Delta l$ với $k = E\dfrac{S}{\ell_o}$ và $S = \dfrac{\pi d^2}{4}$ $\Rightarrow$ $F = E.\dfrac{\pi d^2}{4}.\dfrac{\Delta\ell}{\ell_o}$

Độ co tỉ đối: $\dfrac{\Delta\ell}{\ell_o} = \dfrac{4F}{E.\pi d^2} = \dfrac{4.1,4.10^5}{2.10^{11}.3,14.0,02^2} = 0,22.10^{-2} = 0,22\%$.

5. Ta có: $F = k\Delta l$ Với $k = E\dfrac{S}{\ell_o}$ và $S = \dfrac{\pi d^2}{4}$ $\Rightarrow$ $F = E.\dfrac{\pi d^2}{4}.\dfrac{\Delta\ell}{\ell_o}$

Suất đàn hồi: $E = \dfrac{4F.\ell_o}{\pi d^2\Delta\ell} = \dfrac{4.28.2,4}{3,14.(0,75.10^{-3})^2 1,4.10^{-3}} = 10,8.10^{10}$Pa.

6. a) Khi vật nặng cân bằng thì trọng lượng của vật bằng độ lớn của lực đàn hồi: $P = F_{dh}$ hay $mg = k\Delta l \Rightarrow m = \dfrac{k\Delta\ell}{g} = \dfrac{100.0,02}{10} = 0,2$kg.

b) Khi thanh rắn bị cắt bớt một nửa thì độ cứng của thanh tăng gấp đôi. Nếu treo vật có khối lượng m (như câu a) thì độ dãn của thanh sẽ giảm đi một nửa, tức là dãn 1cm.

7. Trọng lượng của vật: P = mg = 140.10 = 1400N

Ứng suất kéo gây bởi trọng lượng của vật: $\sigma_n = \frac{P}{S}$.

Vì $\sigma_n \leq 20\%.1,1.10^8$Pa nên $\frac{P}{S} \leq 0,18.10^8\ m^2$.

$\Rightarrow S \geq \frac{1400}{0,18.10^8} = 0,77.10^{-4}$. Vậy dây treo phải có tiết diện nhỏ nhất là S = 77mm^2 để ứng suất kéo gây bởi trọng lượng của vật không vượt quá 20% giới hạn bền của vật liệu làm dây.

Độ biến dạng tương đối của dây : $\frac{\Delta \ell}{\ell_0} = \frac{P}{S.E}$

Thay số : $\frac{\Delta \ell}{\ell_0} = \frac{1400}{0,77.10^{-4}.7.10^{10}} = 2,6.10^{-4} = 0,026\%$.

§52. SỰ NỞ VÌ NHIỆT CỦA VẬT RẮN

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Sự nở dài

Sự nở dài là sự tăng kích thước của vật rắn theo một phương đã chọn.

Công thức tính độ dài l của vật rắn ở t°C: $l = l_o[1 + \alpha(t - t_o)]$

Trong đó l_o là chiều dài ở nhiệt độ t_o; l là chiều dài ở nhiệt độ t; α là hệ số n dài, có đơn vị K^{-1}.

2. Sự nở thể tích (hay sự nở khối)

Khi tăng nhiệt độ thì kích thước của vật rắn theo các phương đều tăng nê thể tích của nó tăng. Sự tăng thể tích của vật rắn khi nhiệt độ tăng gọi là sự n khối.

Công thức tính thể tích V của vật rắn ở t°C: $V = V_o[1 + \beta(t - t_o)]$.

Trong đó V_o là thể tích vật rắn ở nhiệt độ t_o; V là thể tích ở nhiệt độ t; β l hệ số nở thể tích, với $\beta = 3\alpha$.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hãy chứng minh rằng độ nở khối ΔV (tức độ tăng thể tích) của một vật rắ hình khối lập phương đồng chất, đẳng hướng, khi bị nung nóng từ 0°C đế t°C được xác định bởi công thức: $\Delta V = V - V_o = \beta V_o t$.

   Trong đó: $V_o = l_o^3$ là thể tích của vật rắn ở 0°C, còn $V = l^3$ là thể tích cú vật rắn ở t°C và $\beta = 3\alpha$ là hệ số tỉ lệ (α là hệ số nở dài). Chú ý: α^2 và α^3 rấ nhỏ so với α.
2. Hãy nêu một số ứng dụng sự nở vì nhiệt của vật rắn trong kĩ thuật và đờ sống.
3. Một tấm kim loại hình chữ nhật, ở giữa bị đục thủng một lỗ tròn. Khi nun nóng tấm kim loại này thì lỗ tròn có bé đi không?
4. Tại sao khi đổ nước sôi vào trong cốc thủy tinh thì cốc này hay nứt vỡ, cò cốc thạch anh lại không bị nứt vỡ? (coi độ dày của hai cốc là như nhau)
5. Một thanh ray đường sắt dài 12,5m ở nhiệt độ 24°C. Phải có một khe h bao nhiêu giữa hai đầu thanh ray để nếu nhiệt độ ngoài trời tăng lên đế 58°C thì vẫn đủ chỗ cho thanh dãn ra. Biết hệ số nở dài của thép làm than ray là $\alpha = 11,4.10^{-6}K^{-1}$.
6. Tính khối lượng riêng của sắt ở 750°C, biết khối lượng riêng của nó ở 0° là $7,8.10^3kg/m^3$. Biết hệ số nở dài của sắt là $\alpha = 12.10^{-6}K^{-1}$.
7. Một lá kẽm hình chữ nhật có kích thước 2,4m x 1,2m ở 25°C. Người t nung đến 155°C thì diện tích thay đổi như thế nào? Cho biết hệ số nở dà của kẽm là $3,4.10^{-5}K^{-1}$.

8. Một khối đồng có kích thước ban đầu 0,12m x 0,2m x 0,25m khi nung nóng đã hấp thụ một nhiệt lượng bằng $1,4.10^6$ J. Tính độ biến thiên thể tích của khối đồng. Cho biết khối lượng riêng của đồng $8,9.10^3$kg/m^3, nhiệt dung riêng của đồng $0,38.10^3$J/kg.độ, hệ số nở dài của đồng $1,7.10^{-5}K^{-1}$.

9. Tính độ dài của thanh thép và thanh đồng ở 0°C sao cho ở bất kì nhiệt độ nào trong khoảng –100°C đến +100°C, thanh thép cũng dài hơn thanh đồng 8cm.

Biết hệ số nở dài của thép và đồng lần lượt là $1,2.10^{-5}K^{-1}$ và $1,7.10^{-5}K^{-1}$.

10. Một thanh hình trụ bằng đồng thau có tiết diện 14cm^2 được đun nóng từ t_1 = 0°C đến nhiệt độ t_2 = 72°C. Cần tác dụng vào hai đầu thanh hình trụ những lực như thế nào để khi đó chiều dài của nó vẫn không đổi. Hệ số nở dài của đồng thau là $\alpha = 18.10^{-6}K^{-1}$, suất đàn hồi là : $E = 9,8.10^{10}N/m^2$.

11. Một cái xà bằng thép tròn đường kính tiết diện 3,5cm hai đầu được chôn chặt vào tường. Tính lực xà tác dụng vào tường khi nhiệt độ tăng thêm 38°C.

Cho biết hệ số nở dài của thép $1,2.10^{-5}K^{-1}$, suất đàn hồi $E = 20.10^{10}N/m^2$.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Ở nhiệt độ t°C, chiều dài mỗi cạnh của vật rắn là: $l = l_0(1 + \alpha t)$

Thể tích khi đó: $V = l^3 = [l_0(1 + \alpha t)]^3 = l_0^3(1 + 3\alpha t + 3\alpha^2t^2 + \alpha^3t^3)$

Vì α^2 và α^3 rất nhỏ so với α , ta bỏ qua các số hạng có α^2 và α^3, đồng thời chú ý $\beta = 3\alpha$ ta được: $V = l_0^3(1 + 3\alpha t)$ hay $V = V_0(1 + \beta t)$.

$\Rightarrow$ Độ nở khối: $\Delta V = V - V_0 = \beta V_0 t$.

2. Trong kĩ thuật chế tạo và lắp đặt máy móc hoặc xây dựng công trình, người ta phải tính toán để khắc phục tác dụng có hại của sự nở vì nhiệt sao cho các vật rắn không bị cong, nứt hoặc gãy ... khi nhiệt độ thay đổi.

Thí dụ:

– Đoạn nối giữa hai thanh ray phải có khe hở nhỏ; hai đầu cầu sắt phải đặt trên hai gối đỡ và một trong hai gối đỡ này có thể xê dịch trên con lăn.

– Các ống kim loại dẫn hơi nóng hoặc nước nóng phải có đoạn uốn cong để khi ống bị nở dài đoạn cong này chỉ bị biến dạng mà không bị gãy.

– Người ta cũng lợi dụng sự nở vì nhiệt của các vật rắn để lồng ghép đai sắt vào các bánh xe, chế tạo băng kép dùng làm rơle đóng ngắt các mạch điện tự động, hoặc chế tạo ampe kế nhiệt hoạt động dựa trên tác dụng nhiệt của dòng điện ...

3. Khi nung nóng tấm kim loại thì lỗ tròn rỗng cũng nở ra và lớn hơn trước khi nung một chút.

Giải thích: Khi nung nóng tấm kim loại, về nguyên tắc tấm kim loại nở ra về mọi phía. Do lỗ ở bên trong tấm kim loại là lỗ tròn nên sự nở của tấm

kim loại về phía lỗ tròn là "khó khăn" hơn sự nở ra phía ngoài (khi nở về phía này, mật độ phân tử sẽ tăng lên đáng kể, cản trở lại sự nở của tấm thép), chính vì vậy khi tấm kim loại nở ra thì kích thước của lỗ tròn có tăng lên một chút.

4. Sở dĩ khi đổ nước sôi vào trong cốc thủy tinh thì cốc này hay nứt vỡ, còn cốc thạch anh lại không bị nứt vỡ là vì thạch anh có hệ số nở khối nhỏ hơn thủy tinh. Khi nhiệt độ tăng, cốc bằng thạch anh nở ra ít hơn.

5. Vì các thanh ray được đặt nối tiếp nhau, ở cả hai đầu thanh ray đều có khe hở và các thanh ray nở cả về hai đầu nên khe hở phải có độ rộng h tương ứng với độ nở dài của một thanh ray khi nhiệt độ tăng từ 24°C lên 58°C.

Áp dụng công thức: $l = l_o(1 + \alpha t)$.

Ở 24°C: $l_{24} = l_o(1 + t_1\alpha)$ và ở 58°C: $l_{58} = l_o(1 + t_2\alpha)$

Lập tỉ số: $\dfrac{l_{58}}{l_{24}} = \dfrac{1+\alpha t_2}{1+\alpha t_1} = \dfrac{(1+\alpha t_2)(1-\alpha t_1)}{1^2-(\alpha t_1)^2} = \dfrac{1+(t_2-t_1)\alpha - t_1t_2\alpha^2}{1^2-(\alpha t_2)^2}$

Thép làm thanh ray có $\alpha = 11{,}4.10^{-6}K^{-1}$ nên $\alpha^2 << 1$ có thể bỏ qua.

Khi đó $\dfrac{l_{58}}{l_{24}} = 1+(t_2-t_1)\alpha \Rightarrow l_{58} - l_{24} = l_{24}(t_2-t_1)\alpha$.

Thay số: $h = l_{58} - l_{24} = 12{,}5(58-24).11{,}4.10^{-6} = 0{,}0048m = 4{,}8mm$.

6. Gọi D_o, D lần lượt là khối lượng riêng của sắt ở 0°C và 750°C.

Ta có $D_o = \dfrac{m}{V_o}$ và $D = \dfrac{m}{V}$. Trong đó V_o và V lần lượt là thể tích của sắt ở 0°C và 80°C ứng với cùng khối lượng m.

Theo công thức nở khối thì: $V = V_o(1+\beta t) \Leftrightarrow \dfrac{m}{D} = \dfrac{m}{D_o}(1+\beta t)$

⇒ Khối lượng riêng: $D = \dfrac{D_o}{1+\beta t} = \dfrac{7{,}8.10^3}{1+3.12.10^{-6}.750} = 7{,}594.10^3 kg/m^3$.

7. Gọi l_{01}, l_{02} lần lượt là chiều dài các cạnh lá kẽm ở 25°C.
Diện tích lá kẽm ở 25°C: $S_o = 2{,}4.1{,}2 = 2{,}88m^2$.
Gọi l_1, l_2 lần lượt là chiều dài các cạnh lá kẽm ở 155°C
Ta có: $l_1 = l_{01}(1+\alpha\Delta t)$ và $l_2 = l_o(1+\alpha\Delta t)$. Với $\Delta t = 155 - 25 = 130°C$
Diện tích lá kẽm ở 155°C:
$S = l_1.l_2 = l_{01}.l_{02}(1+\alpha\Delta t)^2 = S_o(1+\alpha\Delta t)^2 = S_o(1+2\alpha\Delta t+\alpha^2\Delta t^2)$
Vì $\alpha^2\Delta t^2$ rất nhỏ nên ta bỏ qua. Do đó : $S = S_o(1+2\alpha\Delta t)$
Hay $\Delta S = S - S_o = S_o 2\alpha\Delta t = 2{,}88.2.3{,}4.10^{-5}.130 = 0{,}025m^3$.
Vậy nung lên đến 155°C thì diện tích lá kẽm thêm $0{,}025m^2$.

8. Thể tích ban đầu của khối đồng: $V = 0{,}12.0{,}2.0{,}25 = 0{,}006m^3$.

Gọi Δt là độ tăng nhiệt độ khi hấp thụ nhiệt lượng $Q = 1,4.10^6$J.

Ta có công thức : $Q = mC\Delta t \Rightarrow \Delta t = \dfrac{Q}{m.C} = \dfrac{Q}{V.D.C}$

Thay số: $\Delta t = \dfrac{1,4.10^6}{0,006 \times 8,9.10^3 \times 0,38.10^3} = 68,9^oC$.

Ta có : $\Delta V = V - V_o = V_o\beta\Delta t$ với $\beta = 3\alpha = 5,1.10^{-5}K^{-1}$

$\Delta V = 0,006.5,1.10^{-5}.68,9 = 2,1.10^{-5}m^3$.

Vậy thể tích khối đồng tăng thêm $2,1.10^{-5}m^3$.

9. Gọi l_{o1}, l_{o2} lần lượt là chiều dài của thanh thép và thanh đồng ở 0^oC; l_1, l_2 lần lượt là chiều dài của thanh thép và thanh đồng ở t^oC.

Ta có : $l_1 = l_{o1}(1 + \alpha_1 t) \Leftrightarrow l_1 - l_{o1} = l_{o1}\alpha_1 t$ (1)

$l_2 = l_{o2}(1 + \alpha_2 t) \Leftrightarrow l_2 - l_{o2} = l_{o2}\alpha_2 t$ (2)

Lấy (1) trừ (2) theo vế ta có: $l_1 - l_2 = l_{o1} - l_{o2} + (l_{o1}\alpha_1 - l_{o2}\alpha_2)$ (3)

Theo giả thiết : $l_1 - l_2 = l_{o1} - l_{o2} = 8cm$ (4)

Từ (3) và (4) $\Rightarrow (l_{o1}\alpha_1 - l_{o2}\alpha_2)t = 0 \Rightarrow \dfrac{l_{o1}}{l_{o2}} = \dfrac{\alpha_2}{\alpha_1} = \dfrac{17}{12}$

Giải hệ phương trình : $\begin{cases} l_{o1} - l_{o2} = 8 \\ \dfrac{l_{o1}}{l_{o2}} = \dfrac{17}{12} \end{cases} \Rightarrow l_{o1} = 27,2cm$ và $l_{o2} = 19,2cm$.

10. Khi đun nóng thanh đồng thau thì chiều dài của nó tăng lên. Muốn giữ cho chiều dài của thanh đồng không đổi thì phải làm cho thanh chịu biến dạng nén, độ nén phải bằng độ tăng chiều dài do sự đun nóng.

Theo định luật Huc ta có : $F = SE\dfrac{\Delta l}{l_o}$ (1)

Khi đun nóng chiều dài tăng lên : $\Delta l = l_2 - l_1 = l_o\alpha(t_2 - t_1)$ (2)

Thay (2) vào (1) ta có :

$F = SE\alpha\Delta t = 14.10^{-4}.\ 9,8.10^{10}.\ 18.10^{-6}.\ 72 = 177\ 811,2N$.

Cần tác dụng vào hai đầu thanh hình trụ với lực bằng 177 811,2N.

11. Khi nhiệt độ tăng thêm $t = 38^oC$ thì thanh xà dãn dài thêm một đoạn :

$$\Delta l = l - l_o = l_o\alpha\Delta t.$$

Vì hai đầu xà chôn chặt vào tường, nên xà chịu một lực nén (bằng chính lực do xà tác dụng vào tường): $F = k\Delta l = ES\dfrac{\Delta l}{l_o} = ES\alpha\Delta t$.

Thay số: $F = 20.10^{10}.3,14.\dfrac{0,035^2}{4}.1,2.10^{-5}.38 = 87700,2N$.

§53. CHẤT LỎNG.
HIỆN TƯỢNG CĂNG BỀ MẶT CỦA CHẤT LỎNG

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Cấu trúc chất lỏng

a) Mật độ phân tử

Mật độ phân tử của chất lỏng lớn gấp nhiều lần mật độ phân tử của chất khí và gần bằng mật độ phân tử trong chất rắn.

b) Cấu trúc trật tự gần

Chất lỏng có cấu trúc trật tự gần có nghĩa là đối với một hạt nào đó thì các hạt ở gần kề nó được phân bố có trật tự (tương tự như chất rắn kết tinh) song càng đi ra xa hạt nói trên thì tính trật tự càng mất dần. Phân bố trật tự gần này không cố định vì các hạt trong chất lỏng có thể dời chỗ do chuyển động nhiệt.

c) Chuyển động nhiệt ở chất lỏng

Trong chất lỏng, mỗi phân tử tương tác với những phân tử khác ở gần nó. Mỗi phân tử chất lỏng luôn dao động hỗn độn quanh một vị trí cân bằng xác định. Sau một khoảng thời gian nào đó, do tương tác, nó lại nhảy sang một vị trí cân bằng khác. Chuyển động mô tả như trên là chuyển động nhiệt của các phân tử chất lỏng. Khi nhiệt độ tăng, chuyển động nhiệt của các phân tử chất lỏng cũng tăng. Thời gian một phân tử chất lỏng dao động xung quanh một vị trí cân bằng xác định từ lúc đến tới lúc đi gọi là thời gian cư trú.

2. Hiện tượng căng bề mặt của chất lỏng

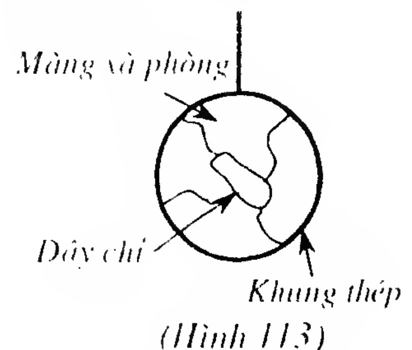
– Lực căng bề mặt đặt lên đường giới hạn của bề mặt và vuông góc với nó, có phương tiếp tuyến với bề mặt của khối lỏng và hướng về phía màng bề mặt khối chất lỏng gây ra lực căng đó.

– Độ lớn của lực căng bề mặt F tác dụng lên một đoạn thẳng có độ dài l của đường giới hạn bề mặt tỉ lệ với độ dài l: $F = \sigma l$.

Trong đó hệ số σ gọi là hệ số căng mặt ngoài. Đơn vị đo của σ là N/m.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Nhúng một khung dây thép mảnh trên đó có buộc một vòng dây chỉ hình dạng bất kì vào trong nước xà phòng, sau đó nhấc nhẹ khung dây thép ra ngoài để tạo thành một màng xà phòng phủ kín mặt khung dây (hình 113). Chọc thủng phần màng xà phòng ở giữa vòng dây chỉ và quan sát hình dạng của vòng dây này.



(Hình 113)

Hãy lập luận để chứng minh rằng các mặt thoáng của phần màng xà phòng còn đọng trên khung dây thép đã tự co lại để giảm diện tích tới mức nhỏ nhất.

2. Nêu một vài ứng dụng của các hiện tượng căng mặt ngoài.

3. Một cọng rơm dài 9,5cm nổi trên mặt nước. Người ta nhỏ dung dịch xà phòng xuống một bên mặt nước của cọng rơm và giả sử nước xà phòng chỉ lan ra ở một bên. Tính lực tác dụng vào cọng rơm. Biết hệ số căng mặt ngoài của nước và nước xà phòng là $\sigma_1 = 72,8.10^{-3}$N/m và $\sigma_2 = 40.10^{-3}$N/m.

4. Một vòng dây đường kính 8,6cm được dìm nằm ngang trong một mẫu dầu thô. Khi kéo vòng dây khỏi dầu, người ta đo được lực phải tác dụng thêm do lực căng mặt ngoài là $9,8.10^{-3}$N. Tính hệ số căng mặt ngoài của dầu.

5. Một vòng kim loại có bán kính 8,8cm và trọng lượng $7,2.10^{-2}$N tiếp xúc với dung dịch xà phòng có suất căng mặt ngoài là 40.10^{-3}N. Muốn nâng vòng ra khỏi dung dịch thì phải cần một lực bao nhiêu?

6. Một quả cầu có thể nổi trên mặt nước nhờ sức căng mặt ngoài của nước tác dụng lên nó. Tính lực căng mặt ngoài lớn nhất tác dụng lên quả cầu khi nó được đặt lên mặt nước. Quả cầu có khối lượng bằng bao nhiêu thì nó không bị chìm ? Cho bán kính của quả cầu là 0,24mm, suất căng mặt ngoài của nước là 0,073N/m. Bỏ qua lực đẩy Ácsimét.

7. Một ống nhỏ giọt mà đầu mút có đường kính 0,32mm có thể nhỏ giọt chất lỏng với độ chính xác đến 0,012g. Tính hệ số căng mặt ngoài (suất căng mặt ngoài) của chất lỏng. Lấy $g = 10m/s^2$.

8. Nước từ trong một ống nhỏ giọt chảy ra ngoài thành từng giọt, đường kính đầu mút pipette bằng 0,42mm. Tính xem trong bao lâu thì $14,6cm^3$ nước chảy hết ra ngoài ống? Biết rằng các giọt nước rơi cách nhau 1,2 giây, suất căng mặt ngoài của nước là $7,3.10^{-2}$N/m.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Khi chưa chọc thủng, màng xà phòng ở bên trong vòng dây có diện tích không phải là lớn nhất (s_1). Tổng diện tích của các màng xà phòng bên trong vòng dây chỉ (s_1) và các màng xà phòng bên ngoài dây chỉ (s_2) là không đổi và bằng diện tích s giới hạn bởi khung dây thép: $s = s_1 + s_2$.

   Khi chọc thủng phần màng xà phòng ở giữa vòng dây chỉ thì màng xà phòng này bị vỡ đi, dây chỉ bị căng ra và có dạng hình tròn, tức là hình có diện tích (s_{1max}) lớn nhất trong số những hình có cùng chu vi với nó. Rõ ràng là khi đó diện tích màng xà phòng bên ngoài dây chỉ (s_2) phải giảm đến giá trị nhỏ nhất có thể được (s_{2min}) để thoả mãn: $s_{1max} + s_{2min} = s$.

2. – Dùng vải, bạt căng làm ô, dù hay lợp mui ôtô tải (vì do lực căng mặt ngoài mà nước mưa không thể chảy lọt qua các lỗ nhỏ giữa các sợi vải)

   – Chế tạo ống nhỏ giọt như ống nhỏ thuốc mắt chẳng hạn.

   – Hoà xà phòng vào nước có thể làm giảm đáng kể lực căng mặt ngoài, nhờ đó khi giặt quần áo, nước xà phòng dễ thấm vào các sợi vải để làm sạch các sợi vải.

3. Giả sử bên trái là nước, bên phải có dung dịch xà phòng, lực căng mặt ngoài của nước và của dung dịch xà phòng lần lượt là $\vec{F_1}$ và $\vec{F_2}$.
Gọi l là chiều dài cọng rơm (cũng là đường giới hạn của mặt ngoài), về độ lớn ta có: $F_1 = \sigma_1 l$ và $F_2 = \sigma_2 l$.
Vì nước có $\sigma_1 = 72,8.10^{-3}$N/m và dung dịch xà phòng có $\sigma_2 = 40.10^{-3}$N/m nên $\sigma_1 > \sigma_2 \Rightarrow F_1 > F_2$, kết quả là cọng rơm dịch chuyển về phía nước.
Hợp lực có độ lớn: $F = F_1 - F_2 = \sigma_1 l - \sigma_2 l = (\sigma_1 - \sigma_2) l$
Thay số: $F = (72,8 - 40).10^{-3}.0,095 = 3,1.10^{-3}$N.

4. Ta có chu vi vòng dây : $l = \pi d = 3,14.8,6 = 27$cm $= 0,27$m.
Hệ số căng mặt ngoài của dầu: $\sigma = \frac{F}{2l} = \frac{9,8.10^{-3}}{2.0,27} = 18,15.10^{-3}$ N/m.

5. Muốn nâng vòng ra thì cần tác dụng lên vòng một lực F hướng lên trên, có giá trị tối thiểu bằng tổng của lực căng và trọng lực: $F = f_c + P = 2\sigma l + P$
Thay số: $F = (2.40.10^{-3}.3,14.8,8.10^{-2}) + 7,2.10^{-2} = 9,41.10^{-2}$N.

6. Lực căng mặt ngoài tác dụng lên quả cầu : $F = \sigma.l$.
F đạt cực đại khi $l = 2\pi r$ (chu vi vòng tròn lớn nhất)
Vậy: $F_{max} = 2\pi r\sigma = 2.3,14.0,00024.0,073 = 0,00011$N $= 1,1.10^{-4}$N.
Quả cầu không bị chìm khi trọng lượng P = mg của nó nhỏ hơn lực căng cực đại : $mg \le F_{max} \Rightarrow m \le 1,1.10^{-3}$g.

7. Ống nhỏ giọt có độ chính xác đến 0,012g có nghĩa là một giọt chất lỏng nhỏ ra từ ống có khối lượng 0,012g. Nếu coi sức căng mặt ngoài bằng trọng lượng của giọt chất lỏng thì ta có :

$$F = P \Leftrightarrow \sigma l = mg \Rightarrow \sigma = \frac{mg}{l} = \frac{1,2.10^{-5}.10}{3,14.3,2.10^{-4}} = 0,12\text{N/m}.$$

8. Sức căng mặt ngoài của nước tại đầu mút của ống nhỏ giọt:

$$F = \sigma l = 7,3.10^{-2}.3,14.4,2.10^{-4} = 96,27.10^{-6}\text{N}.$$

Trọng lượng mg của giọt nước bằng lực căng mặt ngoài :
Ta có: $mg = F_c \Rightarrow m = \frac{96,27.10^{-6}}{10} = 96,27.10^{-7}$kg $= 9,627.10^{-3}$g.
Ta biết 14,6cm^3 nước có khối lượng 14,6g.
Số giọt nước chảy ra khỏi ống: $n = \frac{14,6}{9,627.10^{-3}} = 1516,57$ giọt.
Thời gian nước chảy hết ra ngoài là:

$$T = 1516,57 \times 1,2 = 1820 \text{ (s)}$$
$$= 30\text{ph } 20 \text{ giây}$$

§54. HIỆN TƯỢNG DÍNH ƯỚT VÀ KHÔNG DÍNH ƯỚT. HIỆN TƯỢNG MAO DẪN

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Sự dính ướt và không dính ướt

a) Khái niệm

Khi chất lỏng tiếp xúc với chất rắn thì tùy theo bản chất của chất lỏng và chất rắn mà có thể xảy ra hiện tượng dính ướt hoặc không dính ướt .

– Khi lực hút giữa các phân tử vật rắn và các phân tử chất lỏng mạnh hơn lực hút giữa các phân tử chất lỏng với nhau, thì có hiện tượng dính ướt.

– Khi lực hút giữa các phân tử vật rắn và các phân tử chất lỏng yếu hơn lực hút giữa các phân tử chất lỏng với nhau, thì có hiện tượng không dính ướt.

b) Dạng mặt chất lỏng ở chỗ tiếp giáp với thành bình

Sát mép chất lỏng với thành bình, mặt thoáng chất lỏng hơi bị cong gọi là mặt khum. Nếu chất lỏng làm dính ướt thành bình thì mặt khum đó là mặt lõm, còn nếu chất lỏng không làm dính ướt thành bình thì mặt khum là lồi.

2. Hiện tượng mao dẫn

Hiện tượng mao dẫn là hiện tượng dâng lên hay hạ xuống của mức chất lỏng ở bên trong các ống có bán kính trong rất nhỏ, trong các vách hẹp, các vật xốp... so với mực chất lỏng ở ngoài.

Công thức tính độ cao chất lỏng dâng lên trong ống mao dẫn: $h = \dfrac{4\sigma}{\rho g d}$.

Trong đó σ là hệ số căng mặt ngoài của chất lỏng (N/m); ρ là khối lượng riêng của chất lỏng (kg/m^3); d là đường kính bên trong của ống (m); g là gia tốc trọng trường (m/s^2).

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Tại sao chiếc kim khâu dính mỡ có thể nổi trên mặt nước?
2. Hãy nêu một vài ví dụ về hiện tượng mao dẫn thường gặp trong đời sống.
3. Nếu chỉ có lực căng mặt ngoài thôi thì có xảy ra hiện tượng mao dẫn không?
4. Một ống mao dẫn thẳng đứng với bán kính r = 0,12mm nhúng trong thủy ngân. Thủy ngân hoàn toàn không làm dính ướt thành ống. Tính độ hạ mức thủy ngân trong ống. Suất căng mặt ngoài và khối lượng riêng của thủy ngân lần lượt là 0,47N/m và $13{,}6.10^3 kg/m^3$.
5. Một phong vũ biểu thủy ngân có đường kính trong 1,6mm, mực thủy ngân trong ống cao 760mm. Hỏi áp suất thực của khí quyển là bao nhiêu nếu tính đến hiện tượng thủy ngân không dính ướt ống thủy tinh. Suất căng mặt ngoài và khối lượng riêng của thủy ngân là 0,47N/m và $13{,}6.10^3 kg/m^3$.

6. Nhúng một ống mao dẫn có đường kính trong rất nhỏ vào nước thì nước dâng cao 68mm. Hỏi nếu nhúng ống này vào rượu thì rượu có thể dâng cao bao nhiêu? Biết nước có $\sigma_1 = 72,8.10^{-3}$N/m và $\rho_1 = 1000$kg/m^3 ; Rượu có $\sigma_2 = 24,1.10^{-3}$N/m và $\rho_1 = 800$kg/m^3.

7. Tìm chiều dài của cột nước trong mao quản có đường kính trong bằng 0,48mm khi ống thẳng đứng và khi ống nghiêng với mặt nước một góc 30°. Cho biết suất căng mặt ngoài của nước là $\sigma = 72,8.10^{-3}$N/m.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Nhờ có lớp mỡ mà kim khâu không bị dính ướt nước. Lực căng mặt ngoài của nước (chỗ tiếp xúc với kim) có tác dụng nâng kim lên, nếu lực này lớn hơn trọng lượng của kim thì kim có thể nổi trên mặt nước.

2. – Khi đi sát mé nước của bờ biển, những chỗ lún sâu do bàn chân dậm lên đều có nước, đó là vì khi cát bị lèn chặt tạo thành những mao quản làm cho nước phía dưới bị hút lên.

   – Người nông dân thường xới đất xung quanh gốc cây để phá những mao quản (tự nhiên) làm cho nước không bị hút lên trên và bay hơi (cách làm này gọi là "tưới khô").

3. Nếu chỉ có lực căng mặt ngoài thôi thì không xảy ra hiện tượng mao dẫn . Lực căng mặt ngoài chỉ là một yếu tố tạo nên hiện tượng mao dẫn mà thôi, khi tiết diện trong của ống lớn thì mặc dù lực căng mặt ngoài vẫn tồn tại nhưng hiện tượng mao dẫn vẫn không xảy ra.

4. Độ hạ mức thủy ngân: $h = \dfrac{2\sigma}{Dgr} = \dfrac{2.0,47}{13,6.10^3.10.1,2.10^{-4}} = 0,057\text{m} = 57\text{mm}.$

5. Do có hiện tượng mao dẫn nên thủy ngân trong ống thủy tinh bị tụt xuống một đoạn: $h = \dfrac{4\sigma}{\rho gd} = \dfrac{4.47.10^{-2}}{13600.10.1,6.10^{-3}} = 0,0086\text{m} = 8,6\text{mm}$.

   Áp suất thực của khí quyển tại vị trí đo là p = 760 + 8,6 = 768,6 mmHg.

6. Khi chất lỏng là nước và rượu, ta có : $h_1 = \dfrac{4\sigma_1}{\rho_1 gd}$ và $h_2 = \dfrac{4\sigma_2}{\rho_2 gd}$.

   Lập tỉ số: $\dfrac{h_1}{h_2} = \dfrac{\sigma_1\rho_2}{\sigma_2\rho_1} = \dfrac{72,8.10^{-3}.800}{24,1.10^{-3}.1000} = 2,42 \Rightarrow h_2 = \dfrac{68}{2,42} = 28,1\text{mm}.$

7. Khi ống đặt thẳng đứng: $h_1 = \dfrac{4\sigma}{dDg} = \dfrac{4.72,8.10^{-3}}{4,8.10^{-4}.10^3.9,8} = 0,062\text{m} = 6,2\text{cm}.$

   Khi ống đặt nằm nghiêng, độ cao cột nước so với mặt thoáng bên ngoài không đổi, độ dài cột nước trong ống tính bởi: $h_2 = \dfrac{h_1}{\sin 30^\circ} = \dfrac{6,2}{0,5} = 12,4\text{cm}.$

§55-56. SỰ CHUYỂN THỂ. SỰ NÓNG CHẢY VÀ ĐÔNG ĐẶC. SỰ HÓA HƠI VÀ SỰ NGƯNG TỤ

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Sự chuyển thể

Khi chuyển thể thì xảy ra sự thay đổi cấu trúc đột biến của chất, vì vậy để có thể chuyển thể thì khối chất phải có sự trao đổi năng lượng với môi trường ngoài dưới dạng truyền nhiệt, đó là nhiệt chuyển thể.

Sự chuyển thể kéo theo sự biến đổi của thể tích riêng (thể tích ứng với một đơn vị khối lượng).

2. Sự nóng chảy và sự đông đặc

a) Nhiệt độ nóng chảy

Nhiệt độ ở đó chất rắn kết tinh nóng chảy được gọi là nhiệt độ nóng chảy (hay điểm nóng chảy).

b) Nhiệt nóng chảy riêng

Nhiệt lượng cần cung cấp để làm nóng chảy hoàn toàn một đơn vị khối lượng của một chất rắn kết tinh ở nhiệt độ nóng chảy gọi là nhiệt nóng chảy riêng.

Kí hiệu nhiệt nóng chảy là λ. Đơn vị là J/kg.

Công thức: $Q = \lambda m$ (m là khối lượng của khối chất rắn).

c) Sự đông đặc

Quá trình đông đặc là quá trình ngược với quá trình nóng chảy.

Vật rắn nóng chảy ở nhiệt độ nào thì đông đặc ở nhiệt độ đó. Khi đông đặc hoàn toàn, khối chất lỏng toả nhiệt lượng bằng đúng nhiệt lượng mà nó thu vào nếu nóng chảy hoàn toàn.

d) Sự nóng chảy và đông đặc của chất rắn vô định hình

Chất rắn vô định hình khi bị nung nóng thì mềm ra cho đến khi trở thành lỏng và trong quá trình này nhiệt độ của hệ tăng liên tục.

3. Sự hóa hơi

Sự hóa hơi là sự chuyển từ trạng thái lỏng sang trạng thái hơi (khí). Sự hóa hơi có thể xảy ra dưới hai hình thức: Bay hơi và sôi.

– Sự bay hơi là sự hóa hơi xảy ra từ mặt thoáng của khối lỏng.

– Nhiệt hóa hơi riêng (L) là nhiệt lượng cần truyền cho một đơn vị khối lượng chất lỏng để nó chuyển thành hơi ở cùng nhiệt độ. Đơn vị của nhiệt hóa hơi riêng là J/kg.

4. Sự ngưng tụ

a) Khái niệm

Sự ngưng tụ là quá trình ngược với sự hóa hơi, nghĩa là ở đây có sự chuyển trạng thái từ lỏng sang hơi.

Trong quá trình ngưng tụ, một số phân tử hơi của chất ấy do chuyển động vì nhiệt sẽ đi vào trong chất lỏng trở thành phân tử của chất lỏng.

b) Hơi khô và hơi bão hòa

- Hơi bão hòa là hơi ở trạng thái cân bằng động với chất lỏng của nó. Khi hơi ở trạng thái bão hòa, lượng phân tử chất lỏng bay hơi bằng lượng phân tử chất khí (hơi) ngưng tụ.

- Khi hơi bị bão hòa, áp suất của nó đạt giá trị cực đại và được gọi là áp suất hơi bão hòa.

+ Áp suất hơi bão hòa không phụ thuộc vào thể tích của hơi.

+ Với cùng một chất lỏng, áp suất hơi bão hòa phụ thuộc vào nhiệt độ. Khi nhiệt độ tăng lên thì áp suất hơi bão hòa cũng tăng.

+ Ở cùng một nhiệt độ, áp suất hơi bão hoá của các chất lỏng khác nhau là khác nhau.

c) Nhiệt độ tới hạn

Đối với mỗi chất khí hay hơi tồn tại một nhiệt độ gọi là nhiệt độ tới hạn. Ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ này thì không thể hóa lỏng khí hay hơi bằng cách nén.

5. Sự sôi

Sôi là quá trình hóa hơi xảy ra không chỉ ở mặt thoáng khối lỏng mà còn từ trong lòng khối lỏng. Dưới áp suất ngoài xác định, chất lỏng sôi ở nhiệt độ mà tại đó áp suất hơi bão hòa của chất lỏng bằng áp suất ngoài tác dụng lên mặt thoáng của khối lỏng. Trong quá trình sôi, nhiệt độ không đổi.

4. Độ ẩm không khí

a) Độ ẩm tuyệt đối

Độ ẩm tuyệt đối (a) của không khí là đại lượng có giá trị bằng khối lượng của hơi nước tính ra gam chứa trong $1m^3$ không khí. Đơn vị đo của a là g/m^3.

b) Độ ẩm cực đại

Độ ẩm cực đại (A) của không khí ở nhiệt độ đã cho là đại lượng có giá trị bằng bằng khối lượng tính ra gam của hơi nước bão hòa chứa trong $1m^3$ không khí ở nhiệt độ ấy.

c) Độ ẩm tương đối

Ở một nhiệt độ xác định độ ẩm tương đối (f) của không khí đo bằng tỉ số phần trăm của độ ẩm tuyệt đối (a) và độ ẩm cực đại (A) của không khí.

Công thức: $f = \frac{a}{A}.100\%$

d) Điểm sương

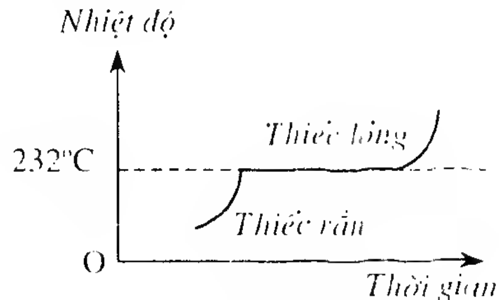
Nếu không khí ẩm bị lạnh đi thì đến một nhiệt độ nào đó hơi nước trong không khí trở thành bão hòa. Nếu lạnh xuống dưới nhiệt độ ấy thì hơi nước đọng lại thành sương. Nhiệt độ mà tại đó hơi nước trong không khí trở thành bão hòa gọi là điểm sương.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Giải thích tại sao ta có thể tạo ra cốc nước mát bằng cách thả vài mẩu nước đá vào cốc nước thường.

2. Hãy phân tích sự biến thiên thế năng tương tác giữa các phân tử cấu tạo chất (biến thiên nội năng) khi biến đổi thể.

3. Dựa vào đồ thị hình 114, hãy mô tả và rút ra nhận xét về sự thay đổi nhiệt độ trong quá trình nóng chảy và đông đặc của thiếc.



(Hình 114)

4. Phân biệt sự bay hơi và sự sôi.

5. Hãy cho biết:

   a) Khi bay hơi, nhiệt độ của khối chất lỏng sẽ tăng hay giảm? Tại sao?

   b) Tốc độ bay hơi của chất lỏng phụ thuộc như thế nào vào nhiệt độ, diện tích mặt thoáng và áp suất hơi phía trên mặt thoáng của chất lỏng? Tại sao?

6. Một bình thủy tinh chứa nước nóng có nhiệt độ khoảng 80°C và được nút kín. Dội nước lạnh lên phần trên gần cổ bình ta thấy nước trong bình lại sôi. Hãy giải thích tại sao?

7. Tại sao áp suất hơi bão hòa không phụ thuộc vào thể tích? Nó phụ thuộc vào nhiệt độ như thế nào? Nêu ý nghĩa của nhiệt độ tới hạn

8. Với cùng độ ẩm tuyệt đối a, nếu nhiệt độ không khí tăng thì độ ẩm tỉ đối f tăng hay giảm?

9. Tính nhiệt lượng cần cung cấp cho 9,5kg nước đá ở 0°C để chuyển nó thành nước ở 22°C. Nhiệt nóng chảy riêng của nước đá là $3,4.10^5$J/kg và nhiệt dung riêng của nước là 4180J/kg.K.

10. Tính nhiệt lượng cần cung cấp cho miếng nhôm khối lượng 240g ở nhiệt độ 38°C để nó hóa lỏng ở nhiệt độ 658°C. Nhiệt nóng chảy riêng của nhôm là $3,9.10^5$J/kg và nhiệt dung riêng của nhôm là 896J/kg.K.

11. Tính nhiệt lượng cần cung cấp cho 12kg nước ở 24°C để chuyển nó thành hơi nước ở 100°C. Nước có C = 4180J/kg.K và L = $2,3.10^6$J/kg.

12. Tính nhiệt lượng toả ra khi 1,2kg hơi nước ở 100°C ngưng tụ thành nước ở 36°C. Nước có C= 4180J/kg.K và L = $2,3.10^6$J/kg.

13. Để xác định nhiệt hóa hơi của nước, người ta làm thí nghiệm sau đây: Đưa 10g hơi nước ở nhiệt độ 100°C vào một nhiệt lượng kế chứa 290g nước ở 20°C. Nhiệt độ cuối của hệ là 40°C. Hãy tính nhiệt hóa hơi của nước, cho biết nhiệt dung của nhiệt lượng kế và của nước là 46J/độ và 4,18J/g.độ.

14. Không khí ở 30°C có độ ẩm tuyệt đối là 24,15g/m^3. Hãy xác định độ ẩm cực đại và suy ra độ ẩm tỉ đối của không khí ở 30°C.

15. Không khí ở 30°C có điểm sương là 25°C. Dựa vào bảng đặc tính hơi nước bão hòa, xác định độ ẩm tuyệt đối, độ ẩm tương đối của không khí.

16. Nhiệt độ của không khí là 30°C. Độ ẩm tương đối là 64%. Hãy xác định độ ẩm tuyệt đối và điểm sương. Chú ý: Tính các độ ẩm theo áp suất riêng phần.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Khi thả vài mẩu nước đá vào cốc nước thường, nước đá sẽ tan (nóng chảy). Trong quá trình nóng chảy, nước đá thu nhiệt của nước trong cốc làm nhiệt độ của nước trong cốc giảm..Kết quả là nước trong cốc sẽ mát hơn.

2. Khi chuyển thể luôn xảy ra sự biến thiên thế năng tương tác giữa các phân tử cấu tạo chất. Sự biến thiên thế năng liên quan đến sự thay đổi cấu trúc khi chuyển thể. Ở trạng thái khí, khoảng cách trung bình giữa các phân tử khá lớn nên thế năng tương tác coi như bằng không. Ở trạng thái lỏng, các phân tử ở khá gần nhau, giữa chúng có lực tương tác và thế năng trung bình ứng với mỗi phân tử là đáng kể, thế năng này có giá trị âm so với thế năng bằng không ở thể khí. Thể rắn có cấu trúc tinh thể, các hạt được phân bố có trật tự, độ lớn thế năng tương tác giữa chúng còn lớn hơn so với thể lỏng và cũng có giá trị âm. Như vậy, khi chuyển từ thể rắn sang lỏng, từ lỏng sang khí, thế năng tương tác của các phân tử cấu tạo chất tăng lên.

3. Lúc đầu, khi đun nóng thiếc, nhiệt độ tăng dần theo thời gian, thiếc còn ở trạng thái rắn. Khi nhiệt độ đạt tới 232°C, thiếc bắt đầu nóng chảy. Trong suốt thời gian thiếc nóng chảy nhiệt độ của nó không thay đổi, sau khi thiếc nóng chảy hoàn toàn, nhiệt độ của nó lại tăng dần theo thời gian.

4. Sự bay hơi là sự hóa hơi xảy ra từ mặt thoáng của khối lỏng, trong khi đó, sôi là quá trình hóa hơi xảy ra không chỉ ở mặt thoáng khối lỏng mà còn từ trong lòng khối lỏng.

5. a) Khi bay hơi, nhiệt độ của khối chất lỏng giảm.

   Giải thích: Bay hơi là hiện tượng trong đó các phân tử chất lỏng có động năng lớn thoát ra khỏi mặt thoáng chất lỏng, nên khối chất lỏng bị mất bớt năng lượng và do đó nhiệt độ của khối chất lỏng giảm.

   b) * Tốc độ bay hơi phụ thuộc vào nhiệt độ: Khi nhiệt độ càng tăng, số phân tử chất lỏng chuyển động với động năng lớn càng nhiều, do đó số phân tử có thể thoát ra khỏi mặt thoáng chất lỏng trong một đơn vị thời gian càng nhiều nên tốc độ bay hơi càng tăng.

   * Tốc độ bay hơi phụ thuộc vào diện tích mặt thoáng và áp suất hơi phía trên mặt thoáng: Khi diện tích mặt thoáng càng lớn và áp suất hơi phía trên mặt thoáng càng nhỏ thì số phân tử chất lỏng thoát ra khỏi bề mặt chất lỏng trong mỗi giây càng nhiều nên tốc độ bay hơi càng tăng.

6. Nguyên nhân là ở chỗ, khi dội nước lạnh lên phần trên (gần cổ bình) thì nhiệt độ của phần hơi trên mặt thoáng giảm làm cho áp suất hơi giảm, mà nhiệt độ sôi lại giảm theo áp suất nên khi áp suất giảm đến một mức nào đó, nước có thể sôi ở 80°C.

7. * Sở dĩ áp suất hơi bão hòa không phụ thuộc vào thể tích vì khi ta nén hơi bão hòa thì xảy ra hiện tượng ngưng tụ, thể tích của hơi giảm nhưng áp suất của hơi bão hòa vẫn giữ nguyên giá trị.

* Áp suất hơi bão hòa phụ thuộc vào nhiệt độ: Khi nhiệt độ tăng lên thì áp suất hơi bão hòa tăng.

* Nhiệt độ tới hạn cho biết giá trị lớn nhất của nhiệt độ mà tại đó ta còn có thể hóa lỏng khí hay hơi bằng cách nén. Nếu quá nhiệt độ này, thì không thể hóa lỏng khí hay hơi bằng cách nén được.

8. Nếu nhiệt độ không khí tăng lên thì độ ẩm tỉ đối của không khí sẽ giảm.

Giải thích: Khi nhiệt độ tăng thì độ ẩm tuyệt đối (a) và độ ẩm cực đại (A) của không khí đều tăng, tuy nhiên tốc độ tăng của độ ẩm cực đại lớn hơn so với tốc độ tăng của dộ ẩm tuyệt đối nên độ âm tỉ đối giảm.

9. Để chuyển 9,5kg nước đá ở 0°C thành nước ở 22°C cần có hai giai đoạn: cho nước đá nóng chảy ở 0°C và làm nóng nước từ 0°C đến 22°C.

Nhiệt lượng cần thiết để là nóng chảy hoàn toàn 9,5kg nước đá ở 0°C:

$$Q_1 = \lambda m = 3{,}4.10^5.9{,}5 = 3230000J$$

Nhiệt lượng cần thiết để 9,5kg nước tăng nhiệt độ từ 0°C đến 22°C:

$$Q_2 = mc(t_2 - t_1) = 9{,}5.4180.22 = 873620J$$

Nhiệt lượng tổng cộng: $Q = Q_1 + Q_2 = 3230000 + 873620 = 4103620J$.

10. Nhiệt lượng cần thiết để làm nóng miếng nhôm đến 658°C:

$$Q = mc(t_2 - t_1) = 0{,}24.896.(658 - 38) = 133324{,}8J$$

Nhiệt lượng cần thiết để miếng nhôm hóa lỏng hoàn toàn ở 658°C:

$$Q' = \lambda m = 3{,}9.10^5.0{,}24 = 72000J$$

Nhiệt lượng tổng cộng: $Q_o = Q + Q' = 133324{,}8 + 72000 = 205324{,}8J$.

11. Nhiệt lượng cần thiết để làm nước ở 24°C tăng nhiệt độ đến 100°C:

$Q_1 = mc(t_2 - t_1) = 12.4180.(100 - 24) = 3812160J$

Nhiệt lượng cần thiết để 12 kg nước hóa hơi hoàn toàn ở 100°C:

$$Q_2 = Lm = 2{,}3.10^6.12 = 27600000J$$

Nhiệt lượng tổng công:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 3812160 + 27600000 = 31412160J.$$

12. Nhiệt lượng cần thiết để 1,2 kg hơi nước ngưng tụ hoàn toàn ở 100°C:

$$Q_1 = Lm = 2{,}3.10^6.1{,}2 = 2\ 760\ 000J.$$

Nhiệt lượng cần thiết để làm nước ở 100°C giảm nhiệt độ còn 36°C:

$$Q_2 = mc(t_2 - t_1) = 1{,}2.4180.(100 - 36) = 321024J$$

Nhiệt lượng tổng cộng: $Q = Q_1 + Q_2 = 2\ 760\ 000 + 321\ 024 = 3\ 081\ 024J$.

13. Nhiệt lượng do $m_1 = 10g$ hơi nước tỏa ra khi hóa lỏng hoàn toàn ở nhiệt độ $t_1 = 100°C$ là $Q_1 = Lm_1$.

Nhiệt lượng do $m_1 = 10g$ nước (do hơi ngưng tụ) toả ra để giảm nhiệt độ từ $t_1 = 100°C$ xuống đến nhiệt độ $t = 40°C$ là: $Q'_1 = m_1c(t_1 - t)$

Nhiệt lượng do m_2 = 290g nước và nhiệt lượng kế thu vào để tăng nhiệt độ từ t_2 = 20°C lên đến t = 40°C là $Q_2 = (m_2c + 46)(t - t_2)$.

Ta có: $Q_1 + Q'_1 = Q_2 \Leftrightarrow Lm_1 + m_1c(t_1 - t) = (m_2c + 46)(t - t_2)$

$\Rightarrow L = \dfrac{(m_2c + 46)(t - t_2) - m_1c(t_1 - t)}{m_1}$ Thay số $\Rightarrow$ L = 2,26.106 J/kg.

14. Ở 30°C, không khí có độ ẩm cực đại A = 30,29g/m³ (Tra bảng SGK).

Độ ẩm tỉ đối ở 30°C: $f = \dfrac{a}{A} = \dfrac{24,15}{30,29} = 0,79 = 79\%$.

15. Dựa vào bảng đặc tính hơi nước bão hòa ta có :

Độ ẩm cực đại ở 30°C là A = 29g/m³.

Độ ẩm cực đại ở 25°C là A = 23g/m³.

Không khí trong phòng có điểm sương là 25°C. Vậy độ ẩm tuyệt đối của không khí là a = 23g/m³.

Độ ẩm tỉ đối : $f = \dfrac{a}{A}100\% = \dfrac{23}{29}100\% = 79,3\%$.

16. * Theo bảng áp suất bão hòa của hơi nước ở các nhiệt độ khác nhau (SGK) thì ở 30°C, áp suất hơi nước bão hòa là p_b = 31,8mmHg.

Độ ẩm tương đối tính theo tỉ số của áp suất riêng phần của hơi nước trong không khí và áp suất của hơi nước bão hòa ở cùng nhiệt độ: $H = \dfrac{p_{hn}}{p_b}\%$.

Theo đó, độ ẩm tuyệt đối thể hiện bằng áp suất riêng phần của hơi nước trong không khí là: $p_{hn} = \dfrac{Hp_b}{100} = \dfrac{64.31,8}{100} = 20,35$mmHg.

* Điểm sương t_s chính là nhiệt độ mà tại đó áp suất hơi bão hòa của nước là 20,35mmHg.

Trong bảng áp suất hơi nước bão hòa của nước ở các nhiệt độ khác nhau (SGK) không có giá trị nhiệt độ ứng với p_b = 20,35mmHg, mà có các giá trị gần với nó nhất:

$t_1 = 20°C \leftrightarrow p_{b1} = 17,5$mmHg và $t_2 = 25°C \leftrightarrow p_{b2} = 23,8$mmHg

Có thể tính nhiệt độ t_s ứng với p_b = 20,35mmHg bằng phương pháp nội suy:

Độ chênh lệch nhiệt độ ứng với khoảng chênh lệch áp suất trong khoảng từ t_1 đến t_2: $\Delta t = t_2 - t_1 = 5°C$ với $\Delta p_b = p_{b2} - p_{b1} = 23,8 - 17,5 = 6,3$mmHg.

So với p_{b1} thì p_b chênh lệch một lượng:

$$\Delta p'_b = p_b - p_{b1} = 20,35 - 17,5 = 2,85\text{mmHg}.$$

Độ chênh lệch nhiệt độ tương ứng: $\Delta t' = \dfrac{\Delta p'_b.\Delta t}{\Delta p_b} = \dfrac{2,85.5}{6,3} = 2,26°C$.

Vậy điểm sương là $t_s = t_1 + \Delta t' = 20 + 2,26 = 22,26°C$.

Chương 8. CƠ SỞ CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

§58-59. NGUYÊN LÍ I NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC. ÁP DỤNG NGUYÊN LÍ I CHO KHÍ LÍ TƯỞNG

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Nội năng

– Nội năng là một dạng năng lượng bên trong của hệ, nó chỉ phụ thuộc vào trạng thái của hệ. Nội năng bao gồm tổng động năng của chuyển động nhiệt của các phân tử cấu tạo nên hệ và thế năng tương tác giữa các phân tử đó.

– Nội năng có đơn vị là Jun (J) và được kí hiệu bằng chữ U.

– Nội năng của một vật phụ thuộc vào nhiệt độ và thể tích của vật, ta có thể viết: $U = f(T, V)$.

2. Hai cách làm biến đổi nội năng

Nội năng của một vật có thể biến đổi bằng hai cách: Thực hiện công và sự truyền nhiệt.

– Các quá trình làm thay đổi nội năng có liên quan đến sự chuyển dời của vật khác tác dụng lực lên vật đang xét gọi là sự thực hiện công.

– Các quá trình làm thay đổi nội năng không bằng cách thực hiện công gọi là sự truyền nhiệt.

Khi ta coi sự thực hiện công và sự truyền nhiệt lượng là hai cách làm biến đổi nội năng tức là ta đã thừa nhận sự tương đương giữa công và nhiệt lượng.

3. Nguyên lí thứ nhất của nhiệt động lực học

Phát biểu: Độ biến thiên nội năng của hệ bằng tổng đại số nhiệt lượng và công mà hệ nhận được.

Biểu thức: $\Delta U = Q + A$

Quy ước về dấu của nhiệt lượng, công và độ biến thiên nội năng:

$Q > 0$: Hệ nhận nhiệt lượng.

$Q < 0$: Hệ nhả nhiệt lượng.

$A > 0$: Hệ nhận công.

$A < 0$: Hệ sinh công.

4. Nội năng và công của khí lí tưởng

a) Nội năng của khí lí tưởng

Nội năng của khí lí tưởng chỉ bao gồm tổng động năng của chuyển động hỗn loạn của phân tử có trong khí đó. Nội năng của khí lí tưởng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ: $U = f(T)$.

b) Biểu thức tính công

Công của khí bằng tích của áp suất với độ biến thiên của thể tích khí.

Biểu thức: $A = p\Delta V = p(V_2 - V_1)$

4. Áp dụng nguyên lí thứ nhất của nhiệt động lực học cho khí lí tưởng

a) Quá trình đẳng tích

Trong quá trình đẳng tích thì $V_1 = V_2 \Rightarrow \Delta V = 0$. Nhiệt lượng mà khí nhận được chỉ dùng để làm tăng nội năng của khí: $Q = \Delta U$.

b) Quá trình đẳng áp

Một phần nhiệt lượng mà khí nhận được dùng để tăng nội năng của khí, phần còn lại biến thành công mà khí sinh ra: $Q = \Delta U + A$.

c) Quá trình đẳng nhiệt

Toàn bộ nhiệt lượng mà khí nhận được chuyển hết thành công mà khí sinh ra: $Q = A$

d) Chu trình

Chu trình là một quá trình khép kín trong đó trạng thái cuối trùng với trạng thái đầu.

Tổng đại số nhiệt lượng mà hệ nhận được trong cả chu trình chuyển hết thành công trong chu trình đó: $Q = A$

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hãy chứng tỏ rằng:

a) Nội năng của một vật phụ thuộc vào nhiệt độ và thể tích của vật:

$$U = f(T,V)$$

b) Nội năng của một lượng khí lí tưởng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ.

2. Tại sao có thể nói rằng nguyên lí thứ nhất của nhiệt động lực học là sự vận dụng định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng vào các hiện tượng nhiệt?

3. Hãy so sánh:

a) Sự thực hiện công và sự truyền nhiệt.

b) Công và nhiệt lượng.

4. Một hòn bi thép có trọng lượng 0,65N rơi từ độ cao 2,2m xuống một tấm đá rồi nảy lên tới độ cao 1,45m. Tại sao nó không nảy lên được tới độ cao ban đầu? Tính lượng cơ năng đã chuyển hóa thành nội năng của bi và tấm đá.

5. Người ta cọ sát nhiều lần một miếng sắt dẹt có khối lượng 165g trên một tấm gỗ. Sau một lát thì thấy miếng sắt nóng lên thêm 14^oC. Hỏi người ta đã tốn một công là bao nhiêu để thắng ma sát, giả sử rằng 72,5% công đó được dùng để làm nóng miếng sắt. Cho biết nhiệt dung riêng của sắt là 460J/kg.độ.

6. Một cốc nhôm có khối lượng 135g chứa 420g nước ở nhiệt độ 26^oC. Người ta thả vào cốc nước một thìa đồng khối lượng 75g đang ở 100^oC. Xác định nhiệt độ của nước trong cốc khi có sự cân bằng nhiệt. Bỏ qua các hao phí nhiệt ra ngoài. Nhiệt dung riêng của nhôm là 880J/kg.độ, của đồng là 380J/kg.độ và của nước là $4,19.10^3$J/kg.độ.

7. Một lượng khí không đổi ở trạng thái 1 có thể tích V_1, áp suất p_1, dãn đẳng nhiệt đến trạng thái 2 có thể tích $V_2 = 2V_1$ và áp suất $p_2 = \frac{p_1}{2}$. Sau đó dãn đẳng áp sang trạng thái 3 có thể tích $V_3 = 3V_1$.
Vẽ đồ thị biểu diễn các quá trình trên, dùng đồ thị để so sánh công của khí trong các quá trình trên.

8. Người ta nung nóng đẳng áp 60 gam khí H_2 từ 24°C đến 128°C.
Tính công mà khí đã thực hiện. Biết H_2 có $\mu = 2$; lấy R = 8,31 J/mol.K.

9. Người ta đốt nóng cho dãn nở đẳng áp 14g ôxi ở áp suất 2,5at và nhiệt độ 17°C đến thể tích 8,5 lít . Cho ôxi có $\mu = 32$, lấy R = 8,31J/mol.K, nhiệt dung riêng đẳng áp $C_p = 0{,}91.10^3$ J/kg.độ; 1at = $9{,}81.10^4$ N/m².
a) Tính nhiệt độ cuối cùng và công của khí sinh ra khi dãn nở.
b) Độ biến thiên nội năng của khí trong quá trình dãn nở.

10. Để nung nóng đẳng áp 800mol khí người ta đã truyền cho khí một nhiệt lượng $9{,}4.10^6$J và khi đó khí đã nóng thêm 500K. Tính công mà khí đã thực hiện được và độ tăng nội năng của khí.

11. Vẽ đồ thị biểu diễn quá trình và xác định dấu của các đại lượng trong biểu thức của nguyên lí thứ nhất của NĐLH đối với một lượng khí lí tưởng trong các trường hợp sau:
a) Đun nóng đẳng tích; làm lạnh đẳng tích.
b) Dãn đẳng áp; nén đẳng áp.
c) Dãn đẳng nhiệt; nén đẳng nhiệt.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. a)Theo định nghĩa thì nội năng của một vật là dạng năng lượng bao gồm động năng của chuyển động hỗn độn của các phân tử cấu tạo nên vật và thế năng tương tác giữa chúng. Trong đó, động năng của phân tử phụ thuộc vào nhiệt độ còn thế năng tương tác giữa các phân tử phụ thuộc vào thể tích, do đó nội năng của vật phụ thuộc vào nhiệt độ và thể tích của vật.
b) Đối với khí lí tưởng, tương tác giữa các phân tử chỉ đáng kể khi chúng va chạm với nhau, tức là bỏ qua tương tác giữa các phân tử khi chúng không va chạm do đó khí lí tưởng không có thế năng mà nội năng chỉ là động năng của các phân tử. Chính vì vậy, nội năng của khí lí tưởng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ.

2. Theo nguyên lí thứ nhất của nhiệt động lực học thì: Độ biến thiên nội năng của hệ khi chuyển hệ từ trạng thái này sang trạng thái khác bằng tổng đại số nhiệt lượng và công mà hệ nhận được trong quá trình chuyển.
Có thể thấy rằng:
Thứ nhất: Sự truyền nhiệt và sự thực hiện công là hai hình thức truyền năng lượng, số đo của chúng là nhiệt lượng và công biểu thị năng lượng đã được

truyền đi, vậy độ tăng hay giảm nội năng của hệ sẽ bằng độ giảm hay tăng năng lượng của các vật khác đang trao đổi năng lượng với hệ.

Thứ hai: Sự chuyển trạng thái của hệ có thể được thực hiện bằng những con đường khác nhau, nhiệt lượng và công trong mỗi con đường đó có thể khác nhau, nhưng tổng đại số của chúng luôn như nhau và bằng độ biến thiên nội năng của hệ.

Hai điều trên đều là hệ quả của định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng đối với hiện tượng nhiệt. Chính vì vậy có thể nói rằng nguyên lí thứ nhất của nhiệt động lực học là sự vận dụng định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng vào các hiện tượng nhiệt

3. a) So sánh sự thực hiện công và sự truyền nhiệt: Sự thực hiện công là một cách làm thay đổi nội năng có liên quan đến sự chuyển dời của vật khác tác dụng lực lên vật đang xét và có kèm theo sự biến đổi dạng năng lượng. Trong khi đó sự truyền nhiệt không có đặc trưng này, không có sự chuyển hóa năng lượng từ dạng này sang dạng khác mà chỉ có sự truyền nội năng từ vật này sang vật khác.

b) So sánh công và nhiệt lượng: Công là số đo độ biến thiên nội năng trong quá trình thực hiện công, còn nhiệt lượng là số đo độ biến thiên nội năng trong quá trình truyền nhiệt.

4. Sở dĩ hòn bi thép không nảy lên được tới độ cao ban đầu vì khi bi va chạm với tấm đá, một phần cơ năng đã chuyển hóa thành nội năng làm nóng bi và tấm đá.

* Chọn mốc thế năng tại mặt tấm đá.

Cơ năng ban đầu: $W = P.h = 0{,}65.2{,}2 = 1{,}43J$.

Cơ năng sau khi bi nảy lên: $W' = P.h' = 0{,}65.1{,}45 = 0{,}94J$.

Phần cơ năng đã chuyển hóa thành nội năng:

$$\Delta W = W - W' = 1{,}43 - 0{,}94 = 0{,}49J.$$

5. Nhiệt lượng cần thiết để miếng sắt nóng thêm 14°C:

$$Q = mc\Delta t = 0{,}165.460.14 = 1062{,}6J$$

Công thực hiện $A = \dfrac{Q.100}{65} = \dfrac{1062{,}6.100}{72{,}5} = 1465{,}65J$.

6. Khi thả thìa đồng vào cốc nhôm, thìa đồng tỏa nhiệt còn cốc nhôm và nước thu nhiệt. Gọi t là nhiệt độ khi có cân bằng nhiệt.

Nhiệt lượng do thìa tỏa ra: $Q_1 = m_1c_1(t_1 - t)$

Nhiệt lượng do cốc nhôm thu vào: $Q_2 = m_2c_2(t - t_2)$

Nhiệt lượng do nước thu vào: $Q_3 = m_3c_3(t - t_2)$

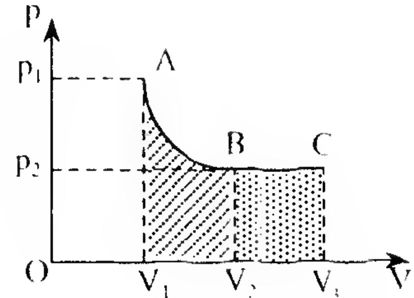
Phương trình cân bằng nhiệt $Q_1 = Q_2 + Q_3$

$\Leftrightarrow m_1c_1(t_1 - t) = m_2c_2(t - t_2) + m_3c_3(t - t_2)$

$$\Rightarrow t = \frac{m_1c_1t_1 + m_2c_2t_2 + m_3c_3t_3}{m_1c_1 + m_2c_2 + m_3c_3}$$

Thay số: $t = \dfrac{0,075.380.100 + 0,135.880.24 + 0,42.4190.26}{0,075.380 + 0,135.880 + 0,42.4190} = 29,98°C$.

7. Đồ thị được biểu diễn trên hình 115.



(Hình 115)

Nhận xét: Diện tích hình AV_1V_2B (phần gạch chéo) lớn hơn diện tích hình BV_2V_3C (phần nét chấm) nên công trong quá trình đẳng nhiệt ($A \rightarrow B$) lớn hơn công trong quá trình đẳng áp ($B \rightarrow C$).

8. Công của khí :

$A = p\Delta V = p(V_2 - V_1) = pV_2 - pV_1$

Chú ý rằng: $pV_1 = \dfrac{M}{\mu}RT_1$ và $pV_2 = \dfrac{M}{\mu}RT_2$.

$$\Rightarrow A = \frac{M}{\mu}RT_2 - \frac{M}{\mu}RT_1 = \frac{M}{\mu}R(T_2 - T_1)$$

Thay số: $A = \dfrac{60}{2}8,31.(128 - 24) = 25927,2$ J.

9. a) Ở trạng thái cuối ta có:

Thể tích $V_2 = 8,5.10^{-3}$ m^3 ; áp suất $P = 2,5.9,81.10^4$ N/m^2.

Mặt khác: $pV_2 = \dfrac{M}{\mu}RT_2 \Rightarrow T_2 = \dfrac{pV_2\mu}{MR}$

Thay số : $T_2 = \dfrac{2,5.9,81.10^4.8,5.10^{-3}32}{14.8,31} = 573,4K$.

* Công của khí sinh ra khi dãn nở.

Trong quá trình đẳng áp: $A = p\Delta V = p(V_2 - V_1) = pV_2 - pV_1$

Chú ý rằng : $pV_1 = \dfrac{M}{\mu}RT_1$ và $pV_2 = \dfrac{M}{\mu}RT_2$.

Ta có $A = \dfrac{M}{\mu}RT_2 - \dfrac{M}{\mu}RT_1 = \dfrac{M}{\mu}R(T_2 - T_1)$

Thay số: $A = \dfrac{14}{32}8,31.(573,4 - 290) = 1030,3$ J

b) Độ biến thiên nội năng.

Từ $Q = A + \Delta U \Leftrightarrow \Delta U = Q - A$.

Trong đó $Q = mC_p(T_2 - T_1) = 14.10^{-3}.\ 0,91.10^3\ (573,4 - 290) = 3610,5$ J.

Độ biến thiên nội năng : $\Delta U = Q - A = 3610,5 - 1030,3 = 2580,2$ J.

10. Đun nóng khí đẳng áp, khí dãn làm sinh công $A = p.\Delta V$ (1)

Chú ý rằng: $pV_1 = \frac{m}{\mu}RT_1$; $pV_2 = \frac{m}{\mu}RT_2$

Trừ vế theo vế: $p\Delta V = \frac{m}{\mu}R\,\Delta T = \nu R\Delta T$ (2)

(trong đó $\nu = \frac{m}{\mu}$ là số mol khí.)

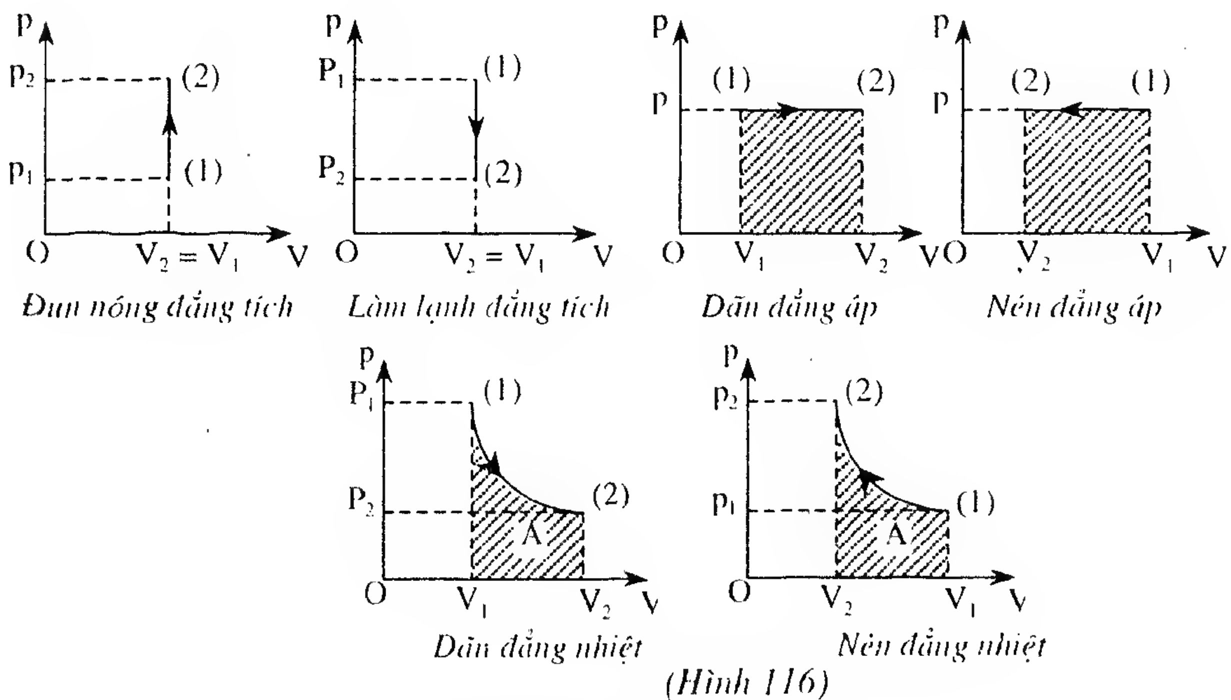
Từ (1) và (2), ta có: $A = \nu.R.\Delta T$.

Thay số : $A = 800.8,31.500 = 3,324.10^6$ J.

Theo nguyên lí thứ nhất : $Q = A + \Delta U \Rightarrow \Delta U = Q - A$.

Thay số : $\Delta U = 9,4.10^6 - 3,324.10^6 = 6,076.10^6$ J.

11. Đồ thị các quá trình như hình 116.



(Hình 116)

a) Đun nóng (và làm lạnh) đẳng tích: $\Delta U = Q$.

b) Dãn (nén) đẳng áp: $\Delta U = Q + A$.

c) Dãn (nén) đẳng nhiệt: $Q + A = 0$.

§60. NGUYÊN TẮC HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ NHIỆT VÀ MÁY LẠNH. NGUYÊN LÍ II CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Động cơ nhiệt

a) Nguyên tắc hoạt động

Động cơ nhiệt là thiết bị biến đổi nhiệt thành công.

Mỗi động cơ nhiệt có ba bộ phận cấu thành cơ bản sau:

– Nguồn nóng cung cấp nhiệt lượng cho tác nhân để tăng nhiệt độ.

– Bộ phận phát động trong đó tác nhân giãn nở sinh cộng.

– Nguồn lạnh để nhận nhiệt lượng do tác nhân để tác nhân giảm nhiệt độ.

b) Hiệu suất của động cơ nhiệt

Công thức : $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{A}{Q_1}\%$

Hiệu suất của động cơ nhiệt bao giờ cũng nhỏ hơn 100%.

Muốn nâng cao hiệu suất động cơ nhiệt phải nâng cao nhiệt độ T_1 của nguồn nóng và hạ thấp nhiệt độ T_2 của nguồn lạnh.

2. Máy làm lạnh

a) Khái niệm

Máy làm lạnh là thiết bị dùng để lấy nhiệt từ một vật này truyền sang vật khác nóng hơn nhờ nhận công từ các vật ngoài.

b) Hiệu năng của máy lạnh

Căn cứ vào mục đích sử dụng của máy lạnh thì một máy lạnh càng ốt nếu với cùng một công tiêu thụ A nó lấy được càng nhiều nhiệt lượng Q_2 từ nguồn lạnh. Hiệu năng của máy lạnh bằng tỉ số giữa Q_2 và A: $\varepsilon = \frac{Q_2}{A}$.

Với $Q_1 = Q_2 + A$ nên: $\varepsilon = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$.

3. Nguyên lí thứ hai của nhiệt động lực học

Có nhiều cách phát biểu nguyên lí thứ hai của nhiệt động lực học, sau đây là hai cách phát biểu thường dùng:

– Nhiệt không thể tự nó truyền từ một vật sang vật nóng hơn.

– Không thể chế tạo được động cơ vĩnh cửu loại hai (hoặc động cơ nhiệt không thể biến đổi toàn bộ nhiệt lượng nhận được thành ra công).

4. Hiệu suất cực đại của máy nhiệt

Ta gọi chung động cơ nhiệt và máy lạnh là máy nhiệt. Gọi T_1 và T_2 là nhiệt độ của nguồn nóng và nguồn lạnh.

Cácnô đã chứng minh được hiệu suất cực đại: $\eta_{max} = \dfrac{T_1 - T_2}{T_1}$.

Muốn nâng cao hiệu suất động cơ nhiệt phải nâng cao nhiệt độ T_1 của nguồn nóng và hạ thấp nhiệt độ T_2 của nguồn lạnh.

Chú ý: Hiệu năng cực đại của máy lạnh: $\varepsilon_{max} = \dfrac{T_2}{T_1 - T_2}$.

II. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Nguyên lí thứ hai của nhiệt động lực học liên quan đến hiện tượng gì trong tự nhiên? Mối quan hệ của nó với nguyên lí thứ nhất của nhiệt động lực học như thế nào?

2. Các biểu thức sau đây diễn tả những quá trình nào?

a) $\Delta U = Q$; khi $Q > 0$ và khi $Q < 0$.

b) $\Delta U = A$; khi $A > 0$ và khi $A < 0$.

c) $\Delta U = Q + A$; khi $Q > 0$ và $A < 0$.

d) $\Delta U = Q + A$; khi $Q > 0$ và $A > 0$.

3. "Động cơ nhiệt" không thể chuyển hóa tất cả nhiệt lượng nhận được thành công cơ học". Hãy chứng minh rằng cách phát biểu trên không vi phạm định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng.

4. Một động cơ nhiệt làm việc sau một thời gian thì tác nhân đã nhận từ nguồn nóng nhiệt lượng $2,4.10^6$J, truyền cho nguồn lạnh nhiệt lượng $1,6.10^6$J. Hãy tính hiệu suất thực của động cơ nhiệt này và so sánh nó với hiệu suất cực đại nếu nhiệt độ của nguồn nóng và nguồn lạnh lần lượt là 285°C và 37°C.

5. Để giữ nhiệt độ trong phòng ở 21°C người ta dùng một máy lạnh (trong trường hợp này người ta gọi nó là máy điều hòa không khí) mỗi giờ tiêu thụ một công bằng $4,5.10^6$J. Tính nhiệt lượng lấy đi từ không khí trong phòng trong mỗi giờ, biết rằng hiệu năng của máy lạnh là $\varepsilon = 3,6$.

6. Ở một động cơ nhiệt, nhiệt độ nguồn nóng là 620°C, của nguồn lạnh là 28°C. Hỏi công cực đại mà động cơ thực hiện được nếu nó nhận từ nguồn nóng nhiệt lượng $1,5.10^7$J? Công cực đại là công mà động cơ nhiệt sinh ra nếu hiệu suất của nó cực đại.

7. Một máy lạnh có hiệu năng cực đại hoạt động giữa nguồn lạnh ở nhiệt độ là −5°C và nguồn nóng ở nhiệt độ là 45°C. Nếu máy được cung cấp công từ một động cơ điện có công suất 85W thì mỗi giờ máy lạnh có thể lấy đi từ nguồn lạnh một nhiệt lượng là bao nhiêu ? Biết rằng máy chỉ cần làm việc $\dfrac{1}{3}$ thời gian nhờ cơ chế điều nhiệt trong máy lạnh.

8. Một máy hơi nước có công suất 25KW, nhiệt độ nguồn nóng là $t_1 = 220^oC$, nguồn lạnh là $t_2 = 62^oC$. biết hiệu suất của động cơ này bằng 2/3 lần hiệu suất lý tưởng ứng với 2 nhiệt độ nói trên. Tính lượng than tiêu thụ trong thời gian 5 giờ, biết năng suất toả nhiệt của than là $q = 34.10^6J$.

III. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Nguyên lí thứ hai của nhiệt động lực học liên quan đến chiều diễn biến của các quá trình tự nhiên. Trong tự nhiên có những quá trình chỉ có một chiều tự diễn biến, trong đó có ba quá trình gần gũi với chúng ta là:

* Nhiệt tự động truyền từ vật nóng sang vật lạnh hơn.

* Cơ năng có thể tự động chuyển hóa toàn bộ sang nội năng, chẳng hạn như ma sát làm nóng vật, viên đạn khi xuyên sâu vào vật cản làm cho cả đạn và vật nóng lên ...

* Khí có thể tự dãn ra, ví dụ như quả bóng bị xì hơi chẳng hạn.

Các quá trình có một chiều tự diễn biến này nằm trong nhóm các quá trình không thuận nghịch. Với quá trình không thuận nghịch, khi hệ quay trở về trạng thái ban đầu thì các vật ngoài chịu những biến đổi nào đó.

Ta lấy quá trình truyền nhiệt làm thí dụ: Muốn truyền nhiệt từ một vật sang một vật khác có nhiệt độ cao hơn, ta dùng máy lạnh, khi đó các vật ngoài phải cung cấp công cho máy.

Vật lí thống kê đã giải thích ý nghĩa thống kê của nguyên lí thứ hai và cho biết rằng: Chiều tự diễn biến của quá trình không thuận nghịch là chiều tăng xác suất trạng thái (hay theo chiều tăng entrôpi).

Nguyên lí thứ hai của nhiệt động lực học không phủ nhận mà bổ sung cho nguyên lí thứ nhất, nó chỉ ra rằng không thể thực hiện được động cơ vĩnh cửu loại hai.

2. a) $\Delta U = Q$ là quá trình truyền nhiệt.

Khi $Q > 0$: Vật thu nhiệt lượng của các vật khác.

Khi $Q < 0$: Vật toả nhiệt lượng cho các vật khác.

b) $\Delta U = A$ là quá trình thực hiện công.

Khi $A > 0$: Vật nhận công.

Khi $A < 0$: Vật sinh công.

c) $\Delta U = Q + A$; khi $Q > 0$ và $A < 0$: Là quá trình vật đồng thời thu nhiệt và thực hiện công lên vật khác.

d) $\Delta U = Q + A$; khi $Q > 0$ và $A > 0$: Là quá trình vật đồng thời thu nhiệt và nhận công.

3. Khi động cơ nhiệt hoạt động, một phần nhiệt lượng được truyền cho nguồn lạnh. Nhiệt lượng nhận được từ nguồn nóng bằng tổng nhiệt lượng chuyển hóa thành công và nhiệt lượng truyền cho nguồn lạnh. Điều này không hề vi phạm định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng.

4 Hiệu suất thực: $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{2,4.10^6 - 1,6.10^6}{2,4.10^6} = 0,33 = 33\%$

Hiệu suất cực đại: $\eta_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{(273+285)-(273+37)}{273+285} = 0,44 = 58\%$

So sánh: $\eta < \eta_{max}$ và $\frac{\eta_{max}}{\eta} = \frac{0,44}{0,33} = 1,33$ lần.

5. Hiệu năng của máy lạnh $\varepsilon = \frac{Q_2}{A}$.

Nhiệt lượng lấy từ không khí trong phòng trong mỗi giờ:

$$Q_2 = \varepsilon A = 3,6.4,5.10^6 = 1,62.10^7 J.$$

6. Hiệu suất cực đại: $\eta_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{(273+620)-(273+28)}{273+620} = 0,67 = 67\%$

Từ $\eta = \frac{A}{Q_1} \Rightarrow$ công cực đại $A_{max} = \eta_{max}Q_1 = 0,67.1,5.10^7 = 10^7 J$.

7. Thường máy lạnh không làm việc liên tục. Khi buồng lạnh đạt đến nhiệt độ đã định thì cơ chế điều nhiệt tự động ngắt mạch điện. Sau đó do truyền nhiệt từ môi trường vào nên nhiệt độ ở buồng lạnh tăng lên, lúc đó cơ chế điều nhiệt lại đóng mạch điện và máy lạnh lại chạy.

Dùng công thức $\varepsilon_{max} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$ ta tính được $\varepsilon_{max} = \frac{268}{318-268} = 5,36$.

Vì theo định nghĩa thì $\varepsilon = \frac{Q_2}{A}$, ta suy ra $Q_2 = \varepsilon.A$.

Do động cơ điện chỉ cần làm việc $\frac{1}{3}$ thời gian nên mỗi giờ động cơ điện cung cấp một công là : $A = P.t = 85.1200 = 102000$ J.

Từ đó ta tính được : $Q_2 = 5,36.102000 = 546720$ J.

8. Hiệu suất lý tưởng : $H_{max} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{(273+62)}{(273+220)} = 0,32$

Hiệu suất động cơ: $H = \frac{2}{3}H_{max} = \frac{2}{3}.0,32 = 0,21$.

Mặt khác: $H = \frac{A}{Q_1} = \frac{P.t}{Q_1} \Rightarrow Q_1 = \frac{P.t}{H} = \frac{2,5.10^4.5.3600}{0,21} = 2,14.10^9 J$.

Lượng than cần dùng: $m = \frac{Q_1}{q} = \frac{2,14.10^9}{34.10^6} = 62,9kg$.

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
16 Hàng Chuối – Hai Bà Trưng – Hà Nội
Điện thoại: (04) 9718312; (04) 7547936. Fax: (04) 9714899
E-mail: nxb@vnu.edu.vn

* * *

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Giám đốc: PHÙNG QUỐC BẢO
Tổng biên tập: PHẠM THÀNH HƯNG

Biên tập: MINH TƯỜNG

Sửa bài: MINH PHƯƠNG

Trình bày bìa: VÕ THỊ THỪA

KIẾN THỨC CƠ BẢN VẬT LÍ 10

Mã số: 1L - 81ĐH2006

In 2.000 cuốn, khổ 16 × 24cm tại Xí nghiệp in Tuần Báo Văn Nghệ - TP. Hồ Chí Minh.

Số xuất bản: 203 - 2006/CXB/5 – 27/ĐHQGHN, ngày 20/03/2006.

Quyết định xuất bản số: 218 LK/XB.

In xong và nộp lưu chiểu quý III năm 2006.